

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA



**ELABORACIÓN DE PROPUESTA DE ALIMENTO DE DOBLE PROPOSITO
PARA AVES DE CORRAL, A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS, GRANOS
DE CAUPÍ Y MICROORGANISMOS EFECTIVOS.**

TRABAJO DE DIPLOMA PRESENTADO POR:

Br. Moisés Alberto Avellán Ortiz

Br. José Eliú Martínez Flores

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

TUTOR:

Dr. Danilo López Valerio

Managua, Nicaragua 2016

AGRADECIMIENTO

Agradecemos primeramente a Dios por habernos permitido llegar hasta este punto y habernos dado salud, darnos lo necesario para seguir adelante día a día para lograr nuestros objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A nuestras madres por habernos apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que nos ha permitido ser personas de bien, pero más que nada por su amor. A nuestros padres por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan y que nos han infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

Al Dr. Danilo Valerio nuestro profesor quien con paciencia y conocimientos nos ha sabido guiar en el transcurso del presente trabajo y de esta manera culminar el mismo.

A la Lic. Yessica Altamirano por apoyarnos y acompañarnos durante todo este trabajo.

Al Ing. Arnoldo Hidalgo Castro y al Lic. César Quintero Canizales por asesorarnos en los análisis experimentales.

A la Facultad de Ingeniería Química por darnos la oportunidad de estudiar una carrera y cumplir así nuestros anhelos profesionales.

A la Universidad Nacional de Ingeniería en su totalidad, gracias al personal académico, al personal administrativo, a las señoras conserjes, a los guardas de seguridad a todos ellos y ellas muchísimas gracias de todo corazón y les deseamos que nuestro señor Dios los bendiga siempre.

Agradecimientos especiales a nuestros mejores amigos Elizabeth Murinda, Gabriela Mora, Johnny Zeledón, Melba Rodas, José María Torrez; a todos nuestros compañeros, conocidos y amigos (lista que es innumerable) que siempre estuvieron a nuestro lado apoyándonos y compartiendo excelentes momentos.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por haberme dado la vida, por brindarme sus dones, por acompañarme siempre en mi camino y por permitirme vivir este bello triunfo.

A mi madre Jacqueline Del Socorro Ortiz y a mi padre Luis Alberto Avellán Villareyna quienes se han encargado de cuidarme y enseñarme a ser una persona de bien. Gracias por estar presentes siempre para mí y por apoyarme en los momentos más difíciles. LOS AMO.

Así mismo a toda mi familia y a todas las personas que me quieren y me han apoyado en algún momento de mi vida.

Moisés Alberto Avellán Ortiz.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por haberme dado todo en especial la vida, el conocimiento, la voluntad y el amor.

A mi padre el Dr. Edgardo Alonso Martínez Olivares que desde un principio estuvo ahí para mí, estuvo conmigo siempre, por haberme enseñado lo que se y cuidar de mí.

José Eliú Martínez Flores

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo elaborar un alimento de doble propósito para aves de corral a partir de cascarillas de arroz, cáscara de plátano, concha de huevo, grasa vacuna, frijol caupí y microorganismos efectivos EM1. Se implementó el diseño experimental Taguchi con arreglo ortogonal L8(2)⁶; este permitió la combinación y optimización de las proporciones de materia prima para formular el alimento de doble propósito, obteniendo como resultado: 15 partes de cascarilla de arroz, 20 partes de cáscara de plátano, 15 partes de concha de huevo, 50 partes de frijol caupí, 15 partes de grasa vacuna y 5 partes de Microorganismos efectivos EM1.

Así mismo, el efecto sobre las variables respuesta fue de 13.02% de proteína, 15.83% de grasa cruda y 19.51% de fibra, además un 10.03% de humedad y 3.69% de cenizas, estas fueron cuantificadas por un análisis proximal mediante el uso de digestor Kjeldahl, destilador Kjeldahl, extractor Soxhlet y horno mufla respectivamente usando los Métodos Oficiales A.O.A.C. (Asociación Oficial de Químicos Agricultores) y Manuales de control de calidad de los alimentos. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura).

Por otra parte, según las cantidades de estos nutrientes (proteína, grasa, fibra) presentes en la formulación, este alimento se clasifica en la categoría de alimento balanceado, que puede suministrarse como alimento final a pollos de engorde y a aves de postura, este alimento balanceado supera en nutrientes a uno de los alimentos industrializados en el país.

Contenido	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS.....	2
2.1 Objetivo general	2
2.2 Objetivos específicos	2
III. MARCO TEÓRICO	3
3.1 Tipos de alimentos para aves de corral	3
3.1.1 Alimento inicial.....	3
3.1.2 Alimento para crecimiento desarrollo	4
3.1.3 Comida para aves ponedoras.....	4
3.1.4 Comida para pollos de engorde final.....	4
3.1.5 Comida balanceada para aves de corral.....	5
3.2 Materias primas para elaboración del alimento de doble propósito.....	5
3.2.1 Concha de huevo	5
3.2.2 Cáscara de plátano	7
3.2.3 Cascarilla de arroz	7
3.2.4 Frijol caupí.....	9
3.2.5 Microorganismos efectivos	10
3.2.6 Grasa vacuna.....	11
3.3 Variables respuestas.....	13
3.3.1 Proteína.....	13
3.3.2 Grasa.....	13
3.3.3 Fibra	13
3.3.4 Ceniza	13
3.3.5 Humedad.....	13
3.3.6 Carbohidratos.....	14
3.4 Tipos de aves de corral	14
3.4.1 Pollo de engorde	14
3.4.2 Gallina ponedora	14
3.5 Método Taguchi.....	14
IV. DISEÑO DE EXPERIMENTO	16
V. MATERIALES Y MÉTODO	18
5.1 Análisis proximales.....	18
5.1.1 Preparación de muestras.....	18

5.1.2	Humedad.....	21
5.1.3	Cenizas	22
5.1.5	Proteína cruda	24
5.1.6	Fibra cruda.....	25
5.1.7	Carbohidratos.....	25
VI.	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	26
6.1	Formulación de alimento, doble propósito.....	26
6.1.1	Efectos sobre la proteína del alimento.	26
6.1.2	Efectos sobre la grasa cruda del alimento.	28
6.1.3	Efectos sobre la fibra del alimento.	30
6.1.4	Efectos sobre la ceniza del alimento.	32
6.1.5	Efectos sobre la humedad del alimento.	34
6.1.6	Efectos sobre los carbohidratos del alimento.	35
6.2	Formulación del alimento propuesto.....	37
6.3	Comparación del alimento formulado con el industrializado (comercial).	38
VII.	CONCLUSIONES	39
VIII.	RECOMENDACIONES	40
IX.	BIBLIOGRAFÍA.....	41
X.	ANEXO	44
10.1	Anexo A. Análisis de varianza.....	44
10.1.1	Análisis de varianza para proteína.....	44
10.1.2	Análisis de varianza para grasa cruda.....	48
10.1.3	Análisis de varianza para fibra.	50
10.1.4	Análisis de varianza para ceniza.....	52
10.1.5	Análisis de varianza para humedad.....	54
10.1.6	Análisis de varianza para carbohidratos.	56

I. INTRODUCCIÓN

El alimento es una sustancia nutritiva que toma un organismo o un ser vivo para mantener sus funciones vitales. En el caso de las aves de corral el alimento que se le suministra depende de la edad y tipo de ave, según propósito de engorde o postura; En diferentes épocas de su vida, las aves necesitan raciones que contengan distintas cantidades de carbohidratos, proteínas, grasas, minerales y vitaminas. La alimentación de las aves es la parte esencial en la producción de carne de pollo y huevo.

Se conoce que la producción de carne de pollo en Nicaragua está concentrada en cuatro grandes empresas que generan el 96 % de la producción nacional, siendo estas: Cargill con el 39.4%, Avícola la estrella con el 21.05% e Indavinsa y Monisa con el 20 y 16 % respectivamente, localizadas en la zona del Pacífico (Centeno, 2014). Por su parte la producción de huevos en Nicaragua está concentrada en cinco empresas líderes que en conjunto aportan el 65 % de la producción nacional, siendo ellas: El granjero, Avícola la Estrella S.A, la Barranca, San Francisco y los Pinares, el 35 % restante es aportado por el sector de la pequeña y mediana producción. Organizada y representada por ANAPA (Asociación Nacional de Avicultores y Productores de Alimentos) (Centeno, 2014).

Así mismo, la producción de carne de pollo y huevo está controlada por oligopolio, obligando a los pequeños y medianos productores a abastecerse de ellos, a precios y cantidades controladas, por lo cual surge la necesidad de reutilizar materia prima de desechos para la formulación de un alimento de bajo costo de fabricación, lo cual redundará en la reducción de costos de alimentación de aves de corral en las pequeñas y medianas empresas, además contribuirá en el aumento de su producción, crecimiento y generación de empleo; por otra parte también se evitará consumir un alimento con hormonas, lo que conlleva a una mejor alimentación para los humanos.

Esta tesis de investigación tiene por objetivo elaborar un alimento de doble propósito para aves de corral, considerando que la alimentación de aves representa el 60% de los costos de producción de carne de pollo y huevo, según ANAPA.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Formular un alimento, haciendo uso de residuos orgánicos, frijol caupí y microorganismos efectivos, que pueda ser suministrado a aves de corral tanto de postura como de ceba.

2.2 Objetivos específicos

- Formular alimento de doble propósito para aves de corral a partir de cascarillas de arroz, concha de huevo, cáscara de plátano, grasa vacuna, frijol caupí y microorganismos efectivos (EM1).
- Determinar si el alimento cumple con los requerimientos nutricionales mediante un análisis proximal aplicando los Métodos Oficiales de Análisis de la AOAC (Association of Official Agricultural Chemists) y Manuales de control de calidad de los alimentos. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura).
- Comparar el alimento formulado con el alimento industrializado en base a su contenido nutricional.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Tipos de alimentos para aves de corral

La alimentación es un factor primordial en Avicultura; como en toda explotación zootécnica, se deben conocer los diversos alimentos utilizables, así como las peculiares cualidades e indicaciones de cada uno, así, por ejemplo, los alimentos grasos, lo mismo que los harinosos o feculentos, favorecen el cebo en contra de la producción huevera. Por esto hay gallinas, aparentemente, bien alimentadas, sin embargo, ponen poco.

Por tanto para garantizar la buena salud de las aves importa, que la alimentación sea variada, evitando enfermedades por carencia de elementos nutritivos indispensables debido al empleo de una sola clase de alimento. Cabe mencionar que muchas industrias ofrecen subproductos aprovechables que son útil complemento de los piensos tradicionalmente utilizados.

3.1.1 Alimento inicial

El alimento inicial se utiliza para conseguir una nutrición adecuada en las pequeñas crías de pollo (1 a 4 semanas). Los cereales hechos puré hacen que los polluelos puedan comer más fácil y se alimenten mejor si está en el suelo o sobre una superficie plana durante los primeros días para que puedan alcanzarlo fácilmente, por esta razón dicho alimento para las aves de postura por lo general contiene un mínimo de 16% de proteínas y para las aves de engorde debe proporcionar aproximadamente 20% a 30% de proteínas. (Ávila, 2003)

En la tabla 3.1 se muestra los requerimientos de proteína, grasa y fibra de los pollitos de 1 a 4 semanas de edad.

Nutriente	Cantidad (%)
Proteína	20.00
Grasa	13.50
Fibra	14.00

Fuente: (Farrell, 2014).

Tabla 3.1 Requerimientos nutricionales de pollos (1 a 4 semanas).

3.1.2 Alimento para crecimiento desarrollo

En general algunos propietarios alimentan a las aves con un producto inicial durante todo el período de crecimiento y otros prefieren utilizar alimento para crecimiento o desarrollo. Este alimento o puré está diseñado para ayudar al polluelo en crecimiento a madurar a un tamaño saludable y ser más productivo si su futuro está en la puesta de huevos.

No obstante muchos productores elaboran un mismo alimento para crecimiento tanto para pollos de engorde (aves de corral criadas para comer) y gallinas ponedoras, debido a que los niveles de proteínas requeridas son similares.

En la tabla 3.2 se aprecian los requerimientos para los pollos de 4 a 6 semanas de edad.

Nutriente	Cantidad (%)
Proteína	18.00
Grasa	13.00
Fibra	14.00

Fuente: (Farrell, 2014).

Tabla 3.2 Requerimientos nutricionales de pollos (4 a 6 semanas).

3.1.3 Comida para aves ponedoras

Los pollos criados para poner huevos se llaman pollitas durante el primer año de vida y, después, se les llama gallinas. Ellas necesitan un nivel de proteínas mínimo del 17%, que es proporcionada por un alimento comercial para ponedoras. Este alimento también contiene el calcio necesario para que las conchas de huevos sean fuertes (Ávila, 2003)

3.1.4 Comida para pollos de engorde final

Estos alimentos se utilizan para hacer crecer de manera rápida pollos destinados a ser comidos. La forma más conveniente de alimentar estas aves es con una ración balanceada, sea que estén confinadas en el interior o se les permite salir al aire libre.

En la tabla 3.3 se observan los requerimientos para pollos de 6 a 8 semanas de edad.

Nutriente	Cantidad (%)
Proteína	15.10
Grasa	13.00
Fibra	14.50

Fuente: (Farrell, 2014).

Tabla 3.3 Requerimientos nutricionales de pollos (6 a 8 semanas).

3.1.5 Comida balanceada para aves de corral

La comida balanceada se utiliza generalmente como suplemento a la comida para aves ponedoras y como final para engorde. Es una mezcla barata de granos enteros (como frijol y sorgo) y maíz triturado, puede darse en mayores cantidades durante invierno, cuando la producción de huevos es baja.

A continuación se presenta la tabla 3.4, alimento nutricional balanceado.

Nutriente	Cantidad mínima (%)	Cantidad máxima (%)
Proteína	13.00	20.00
Grasa	14.00	15.00
Fibra	14.00	20.00
Humedad	10.00	13.00
Cenizas	4.00	8.00
Carbohidratos	35.00	37.00

Fuente: (Farrell, 2014).

Tabla 3.4 Tabla nutricional de un alimento balanceado.

3.2 Materias primas para elaboración del alimento de doble propósito

3.2.1 Concha de huevo

La concha constituye la cubierta protectora del huevo, la pared que le defiende de la acción de los agentes externos y el medio a través del cual pueden realizarse intercambios gaseosos y líquidos con el ambiente que le rodea. Representa aproximadamente del 9 a 12 % del peso del huevo, evaluándose entre 5 ó 7 g, según las razas de donde procede, y se compone principalmente de sustancias minerales, entre las cuales, la más importante es el carbonato de calcio (94 %) como componente estructural. (Valdés, 2007)

3.2.1.1 Características de la concha de huevo

La cutícula es una envoltura de proteína natural que cubre la parte exterior de la concha; después de la puesta, el huevo que se encontraba a la temperatura corporal de la gallina se enfría. Se produce una contracción de su contenido y, como consecuencia, una aspiración a través de los poros de la concha, obturando los poros y la cutícula impide la penetración de los microorganismos. Esta es frágil y muy vulnerable a los tratamientos utilizados para limpiar los huevos.

Esta película más o menos brillante y bajo la acción de los diversos agentes externos (humedad, desecación, luz, aire, etc.) se va destruyendo poco a poco, dejando la concha al descubierto y reduciendo notablemente la protección del huevo contra los agentes externos que lo contaminan y degradan. La concha es porosa contiene entre 7,000 a 17000 poros aproximadamente, no es impermeable y por lo tanto esta película actúa como un verdadero revestimiento. Para evitar esto se requiere recogida inmediata y frecuente, unida a unas buenas condiciones de almacenaje (Valdés, 2007).

Con respecto al color de la concha del huevo, este depende de la raza de las aves. Entre las gallinas dominan los huevos blancos, amarillentos, rosados o de tono canela más o menos claro; otro tanto ocurre en las palomas, guineas y pavos, mientras que en los patos y ocas el color verde grisáceo y azulado son bastantes frecuentes. En los faisanes los huevos presentan una tonalidad gris o rosada, según las especies de que proceden. Existen razas en las cuales los huevos están manchados y tienen dos o más colores como el de la codorniz.

El colorido de la concha de los huevos se debe a la presencia de pigmentos amarillentos unas veces y verdosos otras, los cuales no ejercen una influencia marcada sobre el valor alimenticio del huevo, pero sí en la utilización y aplicación de la concha mediante un reciclaje múltiple de reconcentración y formulación para su uso en la producción de los diversos alimentos funcionales.

3.2.1.2 Composición de la concha de huevo

En la concha, el principal componente es el carbonato de calcio; además existen otros minerales en muy pequeñas cantidades, tales como el fosfato tricálcico y el carbonato de magnesio. La composición promedio de la concha de un huevo mediano de 58 gramos corresponde a: carbonato de calcio 93.3%; Fósforo 0.85%, Magnesio 0.85%, Hierro trazas. (Valdés, 2007)

3.2.2 Cáscara de plátano

El plátano macho (*Musa balbisiana*) es una planta tropical de la familia de las musáceas, uno de los progenitores de la banana o plátano comercial, *Musa x paradisiaca*. *M. balbisiana* es una planta perenne, de gran tamaño; a diferencia de *M. acuminata*, que es marcadamente polimórfica, presenta una notable regularidad en su apariencia.

Como las demás especies de *Musa*, *M. balbisiana* carece de verdadero tronco. En su lugar, posee vainas foliares que se desarrollan formando estructuras llamadas pseudotallos, similares a fustes verticales de hasta 30 cm de diámetro basal, aunque no son leñosos. Alcanzan los 7 m de altura, de color verde o amarillo verdoso intenso, que permite distinguirlo con facilidad de *M. x paradisiaca*, más clara; la parte distal de las vainas presenta marcas negras, mientras que la basal se orla de rojo. Ambas son glaucas y pruinosas. (Ly et al., 2004).

En la tabla 3.5 se presenta el perfil nutritivo de la cáscara de plátano verde.

Compuesto	Porcentaje (%)
Masa seca	88.50
Ceniza	13.00
Fibra cruda	16.50
Grasa cruda	10.20
Carbohidratos no estructurales	52.90
Nx6,25	7.40

Fuente: (Ly et al., 2004)

Tabla 3.5 Perfil nutritivo de cáscara de plátano verde.

Valdivié, Rodríguez y Bernal estudiaron la alimentación de aves, conejos y cerdos con plátano concluyendo en que la inserción de cascara de plátano en estos animales favorece la ganancia de peso diario.

3.2.3 Cascarilla de arroz

3.2.3.1 Propiedades físicas de la cascarilla de arroz

- Tamaño de la cascarilla

La longitud de la cascarilla depende de la variedad de arroz y está entre 5 y 11 mm. Su ancho es casi el 30-40% de la longitud y de acuerdo a su tamaño una cascarilla puede pesar entre 2,5 y 4,8 mg. (Quiceno, 2010)

3.2.3.2 Composición química y nutritiva de la cascarilla de arroz

En la tabla 3.6 y 3.7 se muestran la composición química y nutritiva respectivamente de la cascarilla de arroz.

Elemento	% del peso
Carbono (C)	39.0-42.0
Oxígeno (O)	32.0-34.0
Hidrógeno (H)	4.0-5.0
Nitrógeno (N)	0.3-2.0

Fuente: (Quiceno, 2010)

Tabla 3.6 Composición química de la cascarilla de arroz.

Compuesto	% en peso
Minerales (Ceniza)	14.0-24.0
Proteína	1.9-6.2
Grasas	0.4-1.5
Fibras	34.3-41.6
Celulosa	37.2-43.4
Hemicelulosa (Pentosanas)	17.2-22.2
Minerales (Ceniza)	14.2-24.6
Azúcar	0.2-0.4

Fuente:(Quiceno, 2010)

Tabla 3.7 Compuestos nutritivos en la cascarilla de arroz.

Solano, Cedeño y Ramírez *desarrollaron dietas para pollos en ceba, a base de subproductos de la agroindustria* (2000), usaron como fuente de nutrientes, cascarilla de arroz y harina de subproductos de pesca, obtuvieron resultados, en minerales de $7.8\% \pm 0.15$, fibra bruta $14.78\% \pm 0.38$.

Carmio, Campabada y Zumbado evaluaron el efecto de la adulteración de la semolina de arroz con cascarilla de arroz, concluyeron en que hubo un aumento de consumo del alimento por parte de las aves sin embargo no es recomendable alimentar a los pollitos en iniciación debido a la disminución de conversión alimenticia a causa de la cantidad de fibra que posee la cascarilla de arroz pero en gallinas en fase final no les afectaría adversamente por lo que se les puede suministrar cascarilla de arroz y así obtener las cantidades necesarias de fibra en su alimentación.

3.2.4 Frijol caupí

Es una planta herbácea, anual, trepadora. Sus hojas están compuestas por tres folíolos de forma ovalada o romboide, algunas veces cubiertos de vellosidades. Las plantas de hábito trepador tienen tallos volubles y zarcillos formados por la modificación de folíolos terminales. Tiene flores asimétricas de color blanco amarillento y su fruto es una legumbre de color variable, con 10-17 semillas en su interior (Vargas et al., 2012).

El caupí es una semilla comestible de la familia Fabaceae, su color es blanco o blanco amarillento y tiene una careta o mancha negra en su lateral, poseen un alto contenido en proteínas y fibra, siendo así mismo una fuente excelente de minerales, como el potasio, hierro, selenio, molibdeno y ácido fólico.

La composición mineralógica del frijol caupí se presenta en la tabla 3.8

Peso por cada 100g de frijol caupí.	
Compuesto	Cantidad
Proteínas	30,20 ± 0,16 g
Hierro	13,80 ± 1,00 mg
Zinc	6,40 ± 0,52 mg
Fosforo	2607 ± 0,03 mg
Potasio	1977 ± 0,02 mg

Fuente: (Vargas et al, 2012)

Tabla 3.8 Composición mineralógica del frijol caupí

Jabi, Barrios y Vega *estudiaron el efecto de dos niveles de frijol Caupí (10 y 20%) en dos presentaciones (crudo y cocido) sobre la ganancia de peso* (2002). En el consumo y la conversión alimenticia de pollos comerciales para ceba, no encontraron diferencias ($P>0.05$) entre niveles y/o presentación del frijol en ninguna de las variables estudiadas, pero según un análisis económico realizado se demostró mayor rentabilidad al usar frijol caupí crudo que torta de soya.

También Vargas, Villamil, Murillo, Murillo y Solanilla *caracterizaron de manera nutricional y fisicoquímica la harina de frijol caupí* (2012), determinaron la composición proximal, el contenido celular, minerales, fenoles totales, polifenoles y tanoides; además, realizaron tamizaje fitoquímico, encontraron un alto contenido en proteína ($30,2 \pm 0,16$ g/100g) fenoles (2440 mg/100g) y minerales tales como potasio ($1977 \pm 0,02$ mg/100g), fosforo ($2607 \pm 0,03$ mg/100g), hierro ($13,8 \pm 1,00$ mg/100g).

Por otro lado Picot, Koslowski, Slanac, Sánchez y de Asís estudiaron la inclusión de frijol caupí en la alimentación de cerdos (2015), diseñaron un ensayo diseñado para bloques completamente aleatorizados, que tuvo una duración de 30 días: 9 días de adaptación y 21 días de medición. La experiencia incluyó 12 animales y 3 dietas: T1, dieta base (DB) preparada con maíz molido (66%) más expeller de soja (29%), T2 y T3: DB a las cuales se les reemplazó el 50 y el 75% del expeller de soja por caupí respectivamente. Del análisis estadístico que realizaron con el software InfoStat surgió que entre T1, T2 y T3 no hubo diferencias significativas ($p>0,05$) para la ganancia diaria de peso (0,25; 0,25 y 0,28 kg/día respectivamente), consumo diario de alimento (1,06; 0,99 y 1,00 kg de materia seca/día) ni conversión alimenticia (4,21; 3,44 y 4,64 kg). Ello les permitió concluir que la inclusión de “poroto caupí” en distintos niveles de sustitución del expeller de soja, es una opción viable para la alimentación de cerdos en crecimiento.

Miranda-Lopez et al (2007) estudiaron los parámetros productivos y química sanguínea en pollos de engorde alimentados con tres niveles diéticos de harina de granos de frijol (*vigna unguiculata* (L.) walp.) durante la fase de crecimiento. Concluyeron que al incluir 5 y 10% de VU en las dietas balanceadas para pollos de engorde, se mantienen satisfactoriamente los parámetros productivos, sin modificaciones significativas en la química sanguínea, lo cual indica la factibilidad de incluir esta leguminosa de grano como una fuente adecuada de proteína vegetal, en dietas convencionales para pollos de engorde durante el crecimiento.

3.2.5 Microorganismos efectivos

Los Microorganismos Eficientes o Efectivos (EM) son una combinación de microorganismos beneficiosos de origen natural. Contiene principalmente microorganismos de tres géneros principales: bacterias fototróficas, levaduras, bacterias productoras de ácido láctico, así como metabolitos derivados de la fermentación.

Para activar estas bacterias se usa la proporción de una (1) parte o un litro de EM1 para una (1) parte o un litro de melaza de caña o azúcar para dieciocho (18) partes o 18 litros de agua limpia (sin cloro); así, 1 litro de EM1 le rendirá 20 litros de EM1 activado para aplicación.

Estos han sido ampliamente usados en diferentes propósitos, en la agricultura, donde han demostrado mejorar la calidad de los suelos, la optimización de los cultivos y cosechas, en la utilización eficiente y el reciclado de la energía de la plantas, así como en la preservación del medio Ambiente y de los Recursos Naturales.

También es conocido el uso de los EM como probiótico y para el tratamiento de desechos con el objeto de mejorar la producción, controlar olores y procesar los residuos en granjas avícolas, porcinas y de ganado vacuno. La tecnología EM fue originalmente desarrollada en Okinawa, Japón en el año 1980 por el Doctor Teruo Higa, y desde entonces está siendo utilizada en más de 80 países diferentes.

Se reportan también otros usos, como antioxidantes en preparaciones similares donde se utilizan productos naturales como arroz sin pulir fermentado, algas marinas y EM. Además se demostró en estudios realizados en ratas efectos neuroprotectores potenciales.

La utilización de los EM encierra grandes posibilidades para los productores de aves, cerdos y ganado vacuno; es sumamente económica, fácil de aplicar, y produce buenos resultados en el control de olores, como probiótico y en las áreas de manejo de desechos, sanitación y producción de abonos orgánicos a partir de desechos animales.

Entre las bondades de estos microorganismos al usarlos en la dieta de aves de corral esta la mejora del balance microbiano del tejido gastrointestinal, el estímulo de producción de enzimas hidrolíticas y bacterias ácido lácticas favoreciendo la acidez del tejido gastrointestinal, además de mejorar el índice de conversión alimenticia y así aumentar el rendimiento productivo de las aves de corral.

Al respecto Cables y Almaguer (2013), *propusieron una metodología para obtener un producto natural sobre la base de microorganismos eficientes (EM), capaces de sustituir productos químicos, y lograr una agricultura sostenible y sana con buenos rendimientos productivos*. Obtuvieron un producto biológico y natural para disímiles funciones, entre ellos: fertilizantes, purificador de aguas residuales y para la realización de limpiezas sin emplear detergente, y como enriquecimiento de los alimentos para animales.

Rodríguez y Alsina (2010), *estudiaron los cambios morfológicos en vellosidades intestinales, en pollos de engorde alimentados a partir de los 21 días con una dieta que incluyó el 10% de microorganismos efectivos*. Obtuvo como resultado un aumento en la altura pero disminución de densidad de las vellosidades intestinales, altura (299 vs 373 micras) y densidad (5 vs 4 x mm).

3.2.6 Grasa vacuna

La grasa vacuna es el sebo crudo de la vaca, principalmente se encuentra alrededor del lomo y los riñones. La información nutricional de la grasa vacuna se presenta en la tabla 3.9.

Por cada 100 gramos	
Calorías	874 Kcal
Proteínas	0.8
Grasa	96.5
Hidratos de carbono	0.0

Fuente: (Fedna, 2015)

Tabla 3.9 Información nutricional de la grasa vacuna.

Pérez-Bonilla et al. investigaron el efecto del tipo de cereal y grasa añadida sobre la productividad en ponedoras rubias. Además de evaluar la relación entre contenido en LIN del pienso y el tamaño del huevo. Utilizaron un total de 756 gallinas rubias de la estirpe Lohmann Brown con 22 semanas de vida. Formularon 9 tratamientos formando un factorial con 3 cereales (cebada, trigo y maíz) y 3 grasas (aceite de soja, oleína vegetal y manteca). Debido al diseño, los niveles de LIN variaron entre 0.8% y 3.4%.

Analizaron muestras representativas de cereales y grasas según los métodos descritos por la AOAC International (2000). Controlaron la puesta a diario y el resto de variables cada 28 días. Analizaron los efectos del cereal, grasa y de sus interacciones a través de un análisis de varianza mediante el procedimiento GLM (SAS Institute, 1990). Cuando los efectos del cereal y grasa fueron significativos se utilizó un test de Tukey para comparar las medias. El tipo de cereal no afectó al índice de puesta, el peso del huevo o la masa de huevo producido a lo largo de la prueba.

Asimismo, ni el consumo de pienso ni el índice de conversión se vieron afectados. El tipo de grasa no afectó a ninguna de las variables productivas estudiadas. Se estudió la correlación entre el nivel de ácido linoléico (LIN) y el peso del huevo, independiente del tipo de pienso, observándose que la correlación era superior cuando se estudiaban niveles de LIN entre 0.8% y 1.30% que cuando se estudiaba entre 1.30% y 3.40%.

En base a estos resultados concluyeron que maíz, trigo y cebada pueden ser utilizados en dietas de gallinas ponedoras en porcentajes superiores al 45% si se controla de forma adecuada el consumo de LIN, siendo 1,2 gLIN/gallina/día suficiente para maximizar el tamaño del huevo. Asimismo, las 3 fuentes de grasa pueden utilizarse en dietas de ponedoras sin ningún efecto sobre las variables productivas, siempre que el pienso resultante no sea limitante en LIN. Finalmente, las actuales prácticas de formulación de dietas para ponedoras, con mínimos de ácido linoleico de 1.8% de LIN no están justificadas.

3.3 Variables respuestas

3.3.1 Proteína

Las proteínas son biomoléculas formadas por cadenas lineales de aminoácidos en la que está presente un grupo amino y un grupo carboxilo. Estas desempeñan un papel fundamental para la vida. Son imprescindibles para el crecimiento del organismo y realizan una enorme cantidad de funciones diferentes.

Entre las funciones que desempeñan las proteínas se destaca su función plástica (constituyen el 80% del protoplasma deshidratado de toda célula), pero también sus funciones biorreguladoras (forman parte de las enzimas) y de defensa (los anticuerpos son proteínas) (García, 2010).

3.3.2 Grasa

La grasa vacuna es obtenida a partir de diversos depósitos del animal, el término genérico grasa se usa para designar varias clases de lípidos aunque generalmente se refiere a los triglicéridos que son los lípidos más comunes. La grasa es uno de los ingredientes responsables de la energía requerida por las aves (Fedna, 2015).

3.3.3 Fibra

La fibra es utilizada por los microorganismos presentes en el intestino grueso de aves y de esta forma contribuyen significativamente a satisfacer las necesidades energéticas de estas especies (Gargallo, 1980).

3.3.4 Ceniza

La ceniza es el producto de la combustión de algún material, compuesto por sustancias inorgánicas no combustibles, como sales minerales que fortalecen la estructura ósea y contribuyen en el buen funcionamiento del sistema inmunológico.

3.3.5 Humedad

El contenido de agua presente en un alimento es un factor de calidad en la conservación de algunos productos, ya que afectan la estabilidad de estos. El alimento para aves debe poseer cierto grado de humedad (entre 10% y 14%) para ser digerido correctamente.

3.3.6 Carbohidratos

Los carbohidratos son biomoléculas compuestas por carbono, hidrógeno y oxígeno, cuyas principales funciones en los seres vivos son el prestar energía inmediata y estructural. Los carbohidratos representan la principal fuente de energía en el alimento.

3.4 Tipos de aves de corral

3.4.1 Pollo de engorde

Pularda se refiere a un procedimiento de cría de gallinas para uso gastronómico, es muy apreciada en la alta cocina por la delicadeza de su carne rica en grasa infiltrada, lo que la hace especial para platos que requieran horneado.

Sus técnicas de producción, muy cercanas a las tradicionales de antaño, con bajas densidades de carga en los lotes de animales y crecimiento prolongado en el tiempo, garantizan una textura tierna y jugosa de la carne, sin menospreciar la considerable mejora de sus propiedades organolépticas, que satisface los más exigentes paladares.

Las pulardas son sacrificadas cuando alcanzan los tres kilogramos de peso vivo, el doble de un pollo normal, masa que alcanzan a las siete semanas de vida mínimo. Los machos que sufren castración con iguales objetivos que los de producción de pulardas se denominan capones. (Ministerio de agricultura y ganadería(MAG).)

3.4.2 Gallina ponedora

Estas tienen la capacidad genética para producir un gran número de huevos, con un tamaño promedio y pueden lograr buen peso del huevo tempranamente en el periodo de postura (Ministerio de agricultura y ganadería (MAG)). Para aprovechar este potencial, la gallina ponedora debe de tener la postura de manera uniforme, además deberán tener un esqueleto fuerte con buen desarrollo óseo y muscular.

También se considera la madurez sexual, que se da entre los 18-20 semanas de vida, edad correcta, con el tamaño y condición corporal deseados. Esto dará como resultado una alta producción y excelente persistencia, además de disminuir los problemas en la galera de postura.

3.5 Método Taguchi

Según Hernández (2014) el método Taguchi es una herramienta ingenieril que simplifica y en algunos casos elimina gran parte de los esfuerzos de diseño estadístico.

Es una forma de examinar simultáneamente muchos factores a bajo costo. El Dr. Taguchi recomienda el uso de arreglos ortogonales para hacer matrices que contengan los controles y los factores de ruido en el diseño de experimentos.

Así mismo ha simplificado el uso de este tipo de diseño al incorporar los arreglos ortogonales y las gráficas lineales, finalmente, en contraste con los enfoques tradicionales como equivalentes de ruido: mientras las interacciones sean relativamente suaves, el analista de los efectos principales nos proporcionará las condiciones óptimas y una buena reproductibilidad en un experimento.

Los arreglos ortogonales son herramientas que permiten al ingeniero evaluar qué tan robustos son los diseños del proceso y del producto con respecto a los factores de ruido. El método utiliza técnicas que implican bajos costos y que son aplicables a los problemas y requerimientos de la industria moderna. El propósito que se tiene en el diseño del producto es encontrar aquella combinación de factores que nos proporcione el desempeño más estable y confiable al precio de manufactura más bajo.

Taguchi ha propuesto una alternativa no del todo diferente que sé que conoce como: Arreglos Ortogonales y las Gráficas Lineales. La herramienta utilizada normalmente son diseños Factoriales fraccionados, sin embargo cuando el número de factores se ve incrementado, las posibles interacciones aumentan, así como la complicaciones para identificar cuáles son las condiciones específicas a experimentar.

Un arreglo ortogonal se puede comparar con una replicación factorial fraccionada, de manera que conserva el concepto de ortogonalidad y contrastes. Un experimento factorial fraccionado es también un arreglo ortogonal. Taguchi desarrolló una serie de arreglos particulares que denominó:

$$La(b)^c$$

Dónde:

a = Representa el número de pruebas o condiciones experimentales que se tomarán. Esto es el número de renglones o líneas en el arreglo.

b = Representa los diferentes niveles a los que se tomará cada factor.

c = Es el número de efectos independientes que se pueden analizar, esto es el número de columnas.

El análisis de resultados, se puede efectuar de dos maneras diferentes. Una de ellas mediante una serie de gráficas, la otra mediante el análisis de varianza.

IV. DISEÑO DE EXPERIMENTO

El diseño experimental nos permite identificar y cuantificar las causas de un efecto dentro de un estudio experimental. En esta investigación se realizó un arreglo ortogonal $L8(2)^6$ con el método Taguchi; el cual consiste en realizar ocho experimentos, seis factores y dos niveles. Se eligió este método ya que las variables a considerar son muchas y sus consideraciones y aportes son evaluables, por lo cual se utiliza para ahorrar tiempo, análisis y recursos.

Los seis factores manipulados son: cascarilla de arroz, cáscara de plátano, concha de huevo, grasa vacuna, frijol caupí, microorganismos efectivos, se utilizó un nivel bajo y un nivel alto para cada factor (ver tabla 4.2), basados en producción sostenible de pollo de engorde y gallina ponedora campesina (Soler & Ramos, 2015).y las variables de interés son las siguientes: Humedad, ceniza, proteína, fibra, carbohidratos, grasa cruda. Para el diseño se utilizó el programa estadístico Minitab 16.

En la tabla 4.1 se presenta el diseño experimental.

Factores →	Cascarilla de arroz	Cáscara de plátano	Concha de huevo	Grasa vacuna	Frijol caupí	Microorganismos efectivos EM1
No. de experimento ↓	↓ Niveles de cada factor por experimento ↓					
1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2
4	1	2	2	2	2	1
5	2	1	2	1	2	1
6	2	1	2	2	1	2
7	2	2	1	1	2	2
8	2	2	1	2	1	1

Tabla 4.1 Arreglo ortogonal o diseño experimental usando el método Taguchi.

Factores	Nivel 1 (%)	Nivel 2 (%)
Cascarilla de arroz	10	15
Cáscara de plátano	15	20
Concha de huevo	10	15
Frijol caupí	50	35
Grasa vacuna	10	15
Microorganismos efectivos EM1	5	0

Tabla 4.2 Niveles para cada factor en el arreglo ortogonal

V. MATERIALES Y MÉTODO

A todas las muestras de los experimentos se les realizó un análisis proximal.

5.1 Análisis proximales

Se utilizan principalmente en alimentos terminados, para verificar que cumplan con las especificaciones o requerimientos establecidos durante la formulación.

5.1.1 Preparación de muestras

Se lavaron las conchas de huevos, fueron expuestas juntos a las cáscaras de plátano al sol para secarlas, luego se procedió a moler cada una de las materias primas, exceptuando los microorganismos efectivos. Para la molienda se usó un molino de disco previamente desinfectado con una solución de hipoclorito de sodio (NaClO) a 150 ppm.

En la figura 5.1 se muestra el proceso de preparación de muestras. IA-IB cáscara de plátano molida. IC frijol caupí molido. ID grasa vacuna. IE concha de huevo molida. IIA-IIB cascarilla de arroz molida. IIC-IID microorganismos efectivos EM1 activados. IIE molino de disco.

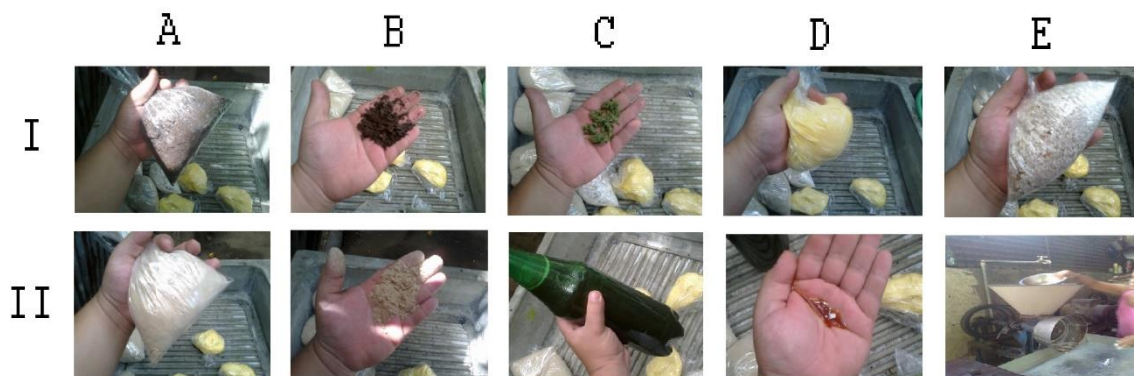


Figura 5.1 Proceso de preparación de muestras.

Posteriormente se realizó la mezcla de las materias primas, utilizando las cantidades que indica el arreglo ortogonal. Seguidamente se dejaron reposar las muestras mezcladas con los microorganismos efectivos para fermentar la materia durante ocho días en condiciones anaeróbicas y en ausencia de luz. Esto solo se aplicó a los experimentos en cuya formulación se utilizó microorganismos efectivos.

En las figuras 5.2 y 5.3 se muestran los diagramas de flujo de preparación de las muestras 2, 3, 6, 7 y las muestras 1, 4, 5 y 8 respectivamente.

Diagrama de flujo para preparación de muestras, sin microorganismos efectivos.

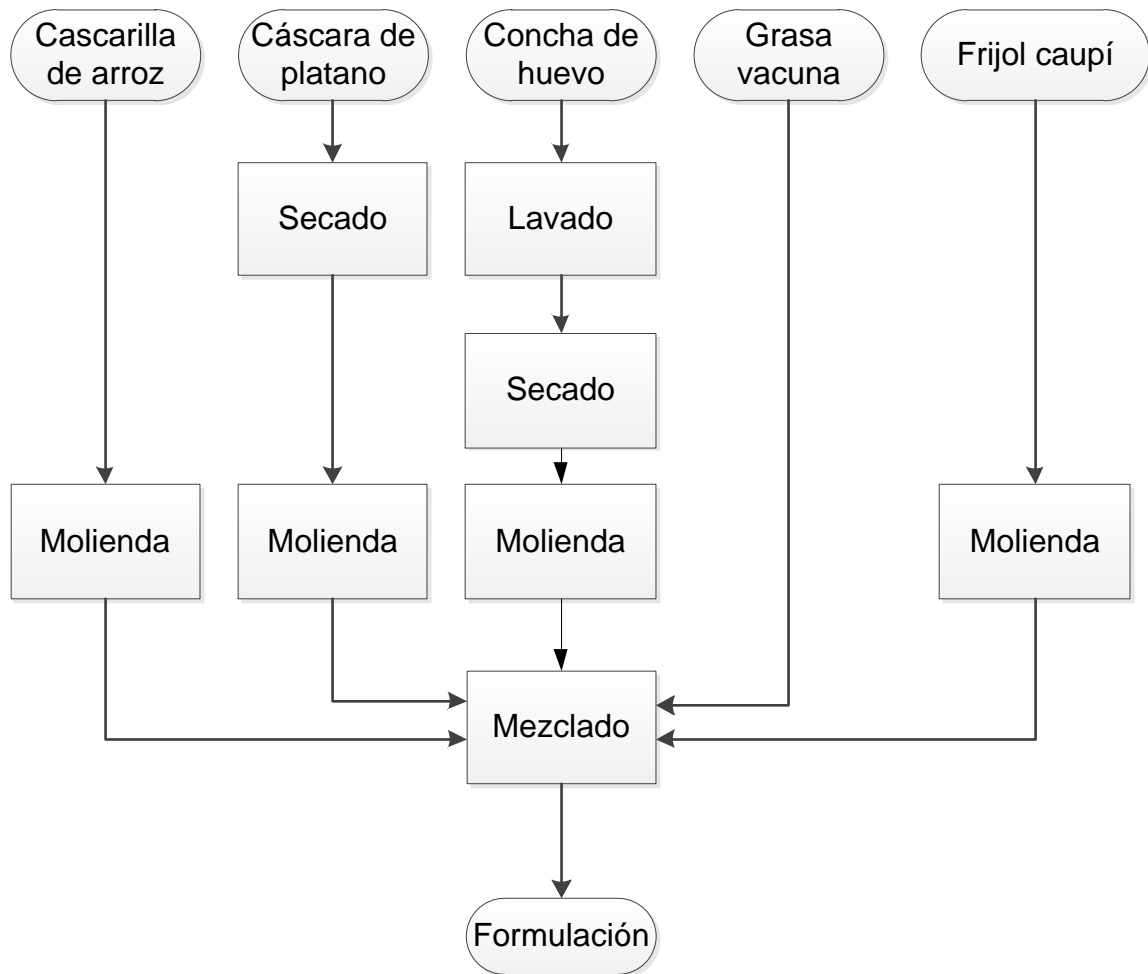


Figura 5.2 Diagrama de flujo para preparación de las muestras para experimentos 2, 3, 6 y 7, sin microorganismos efectivos.

Diagrama de flujo para preparación de muestras con microorganismos efectivos.

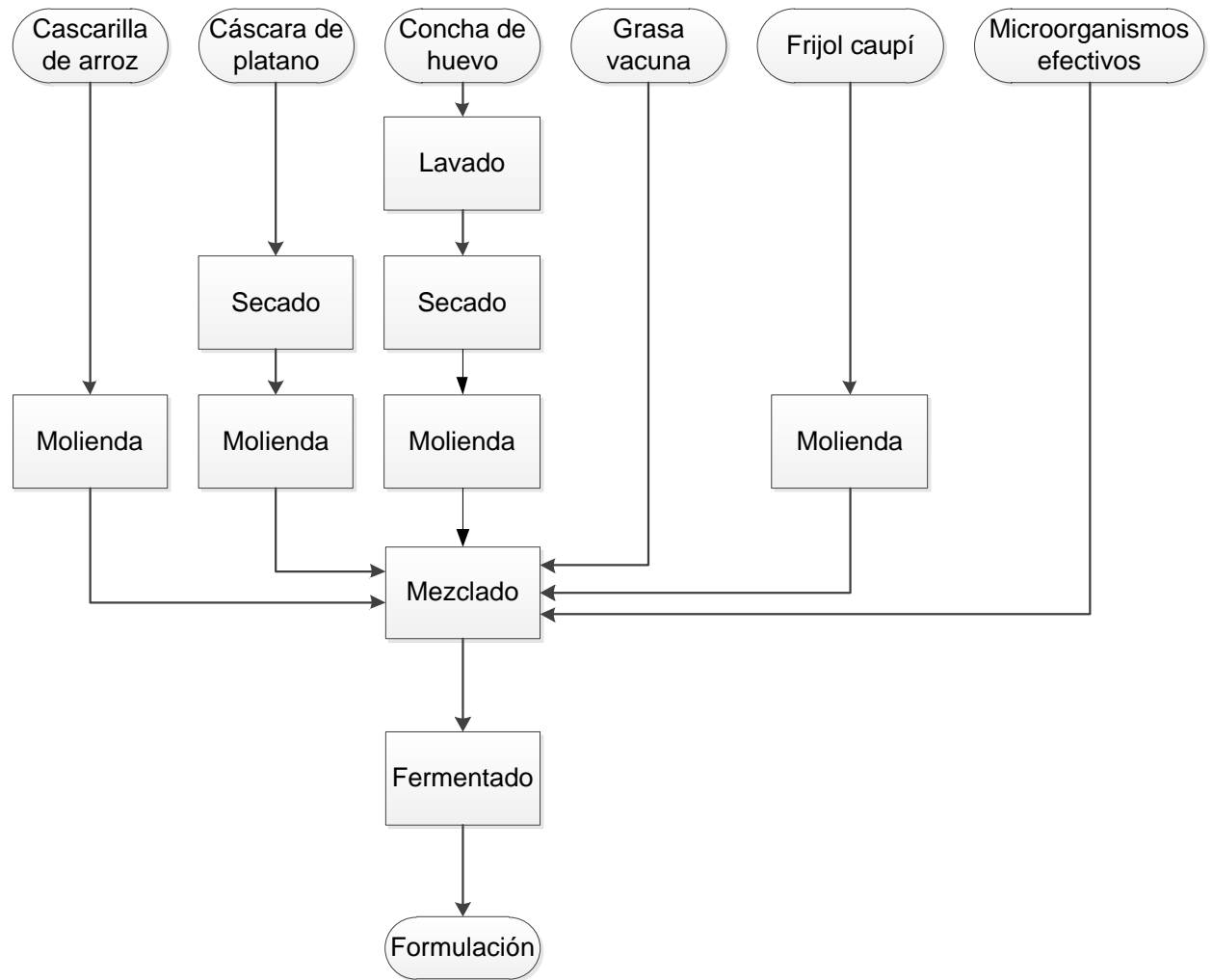


Figura 5.3 Diagrama de flujo para la preparación de las muestras 1, 4, 5 y 8, con microorganismos efectivos.

5.1.2 Humedad

Para determinar humedad se utilizó el método 930.15 de Association of Official Agricultural Chemists. (AOAC, 2012).

Antes de iniciar el procedimiento para determinar humedad, se calentó el crisol de porcelana a 110°C durante un tiempo aproximado de 2 horas. Se pesaron 10 gramos de la muestra, utilizando una balanza con precisión de un dígito. Luego se colocó la muestra en un horno mufla a 135°C durante 12 horas y posteriormente se pesó nuevamente la muestra.

En la figura 5.4 se muestra el proceso para determinar humedad. IIIA materia prima pesada en balanza analítica. IIIB preparación de muestras para los análisis. IIIC muestras preparadas. IIID muflas utilizadas en los análisis.

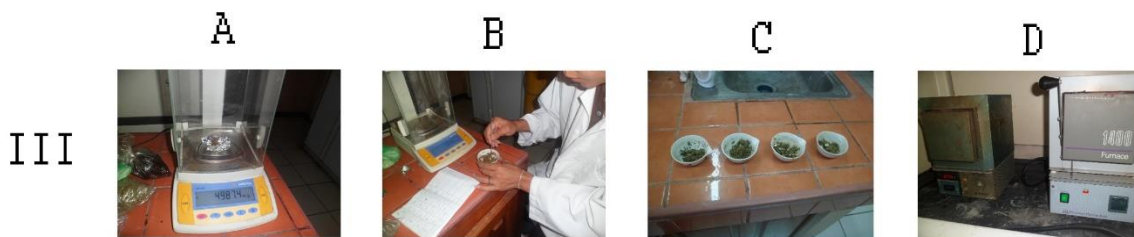


Figura 5.4 Proceso de determinación de humedad.

Para el cálculo de humedad se usó la siguiente ecuación:

$$h = \left(\frac{a-b}{a} \right) \times 100 \quad (\text{ec. 5.1})$$

Donde

h = porcentaje de humedad de la muestra (%).

a = peso de la muestra húmeda (g).

b = peso de la muestra seca (g).

5.1.3 Cenizas

Para determinar cenizas se utilizó el método 942.05 de AOAC (2012).

Para medir cenizas se calentó el crisol, igual que en el procedimiento para medir humedad, la muestra a la que se le determinó cenizas fue secada previamente en una mufla. A continuación se pesó 10 gramos de muestra seca, luego se colocó en una mufla y se calcinó a 550°C por 12 horas y posteriormente se pesó nuevamente.

En la figura 5.5 se muestra el proceso para determinar ceniza. IVA muestras antes de ser incineradas. IVB muestras incineradas. IVC pesado de muestras incineradas. IVD pesaje de ceniza.

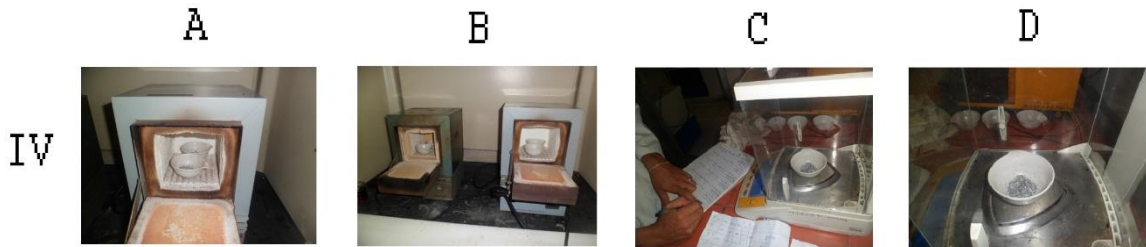


Figura 5.5 Proceso de determinación de ceniza.

Para el cálculo de porcentaje de cenizas se usó la siguiente ecuación:

$$c = \left(\frac{u-i}{u} \right) \times 100 \quad (\text{ec. 5.2})$$

Donde

u = peso de la muestra seca (g).

i = peso de la muestra incinerada (g).

c = porcentaje de cenizas en la muestra (%).

5.1.4 Grasa cruda

Para determinar grasa cruda se utilizó el método 2003.05 de AOAC (2012).

Para realizar el análisis de grasa cruda se pesó en un dedal de extracción 30 g de la muestra seca, luego se colocó en la unidad de extracción o extractor Soxhlet. Se usó hexano grado alimenticio. Posteriormente la muestra seca se calentó a 70°C y se dejó por 3 horas, luego se colocó el dedal en un desecador durante 14 horas y para finalizar se pesó la muestra.

En la figura 5.6 se muestra el proceso para determinar grasa cruda. VA pesado de la muestra. VB extractor Soxhlet montado. VC extracción de grasa en extractor Soxhlet. VD grasa extraída.

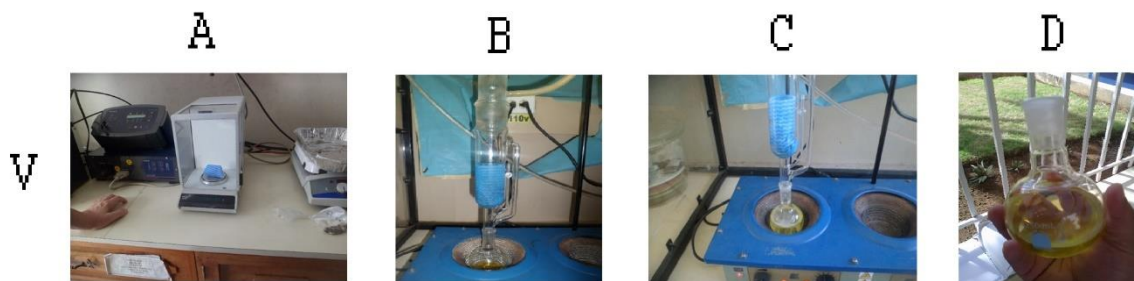


Figura 5.6 Proceso de determinación de grasa cruda.

Para el cálculo de la cantidad de grasas se usó la siguiente ecuación:

$$Z = \left(\frac{f-s}{f} \right) \times 100 \quad (\text{ec. 5.3})$$

Donde

Z = porcentaje de grasa en la muestra (%).

f = peso de la muestra seca (g).

s = peso de la muestra seca y desgrasada (g).

5.1.5 Proteína cruda

Para determinar proteína cruda se utilizó el método 2001.11 de AOAC (2012).

Para el análisis de proteína se colocó 10 g de muestra en un matraz, se le adicionó 7 g de sulfato de potasio (K_2SO_4), 0.8 g de sulfato de cobre (II) pentahidratado ($CuSO_4 \times 5H_2O$) y 20 mL de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4).

Luego se ubicó el matraz en el digestor y se calentó a $420^\circ C$ durante 1 hora. Posteriormente se dejó enfriar, y se adicionó 90 mL de agua destilada. A temperatura ambiente se agregó 25 mL de solución de sulfato de sodio 4%, después se le adicionó 80 mL de hidróxido de potasio al 40%. Seguidamente se conectó el matraz a la unidad de destilación. Posteriormente se tomó 50 mL del destilado al cual se le adicionó 50 mL de solución indicadora fenolftaleína ($C_{20}H_{14}O_4$). Seguidamente se tituló con ácido clorhídrico 0.17N (HCl).

En la figura 5.7 se muestra el proceso para determinar proteína cruda. VIA digestor Kjeldahl. VIB muestra en el digestor. VIC destilador Kjeldahl. VID destilación de la muestra. VIE muestra ya destilada. VIIA preparación del destilado. VIIB titulación del destilado.

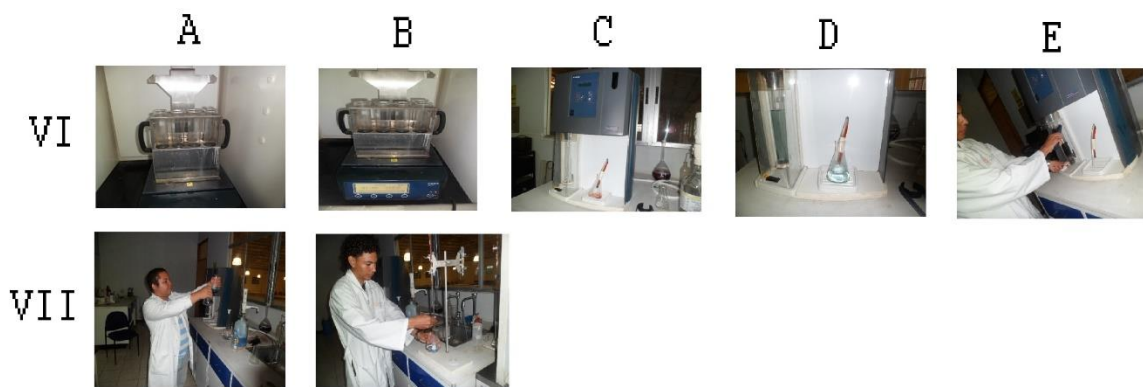


Figura 5.7 Proceso de determinación de proteína cruda.

Para el cálculo de proteína se usó la siguiente ecuación:

$$p = \left(\frac{v \times n}{o}\right)(0.014)(100)(6.25) \quad (\text{ec. 5.4})$$

Donde

p = porcentaje de proteína en la muestra (%).

v = volumen de ácido clorhídrico usado en la titulación (mL).

o = peso de la muestra (g).

n = Normalidad del ácido clorhídrico (N) (Numero de equivalente-gramo /litros de solución).

5.1.6 Fibra cruda

Para determinar fibra cruda se utilizó el método 973.18 de AOAC (2012).

Para determinar el porcentaje de fibra se pesó en una balanza, con precisión de un dígito, 2 g de muestra seca y desgrasada, a esta se le agregó 2 g de fibra cerámica junto con 200 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄) 0.255 N y se hirvió en el extractor Soxhlet durante 30 minutos, posteriormente se filtró y se lavó cuatro veces con 75 mL de agua hirviendo, en cada lavado, luego se retornó el residuo al extractor Soxhlet y se hirvió durante 30 minutos.

A continuación se procedió a lavar con 25 mL de ácido sulfúrico 0.255 N hirviendo y 150 mL de agua hirviendo, además de 25 mL de etanol al 95%. Se tomó el residuo en un crisol de porcelana y se ingresó a la mufla a 130 °C por 2 horas, después se dejó enfriar en el desecador y se pesó, rápidamente, después se incineró a 600 °C durante 30 minutos, finalmente se pesó el incinerado. Para calcular la cantidad de fibra se usó la siguiente ecuación:

$$J = \frac{(m-q) \times 100}{y} \quad (\text{ec. 5.5})$$

Donde

J = porcentaje de fibra en la muestra (%).
m = pérdida de peso en la incineración (g).
q = pérdida de peso de fibra cerámica (g).
y = peso de la muestra (g).

5.1.7 Carbohidratos

El porcentaje de carbohidratos se obtienen por diferencia entre la masa total y la cantidad de masa húmeda, ceniza, grasa, proteína, y fibra.

$$W = M_T - h - c - Z - p - J \quad (\text{ec. 5.6})$$

Dónde:

W = porcentaje de carbohidratos en la muestra (%).
M_T = Masa total de la muestra (100%).
h = porcentaje de humedad (%).
c = Porcentaje de ceniza (%).
Z = Porcentaje de grasa (%).
p = Porcentaje de proteína (%).
J = Porcentaje de fibra (%).

VI. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En tabla número 6.1 se muestran los resultados de análisis proximales de las 8 corridas experimentales.

Experimentos	Ceniza (%)	Humedad (%)	Grasa cruda (%)	Proteína (%)	Carbohidratos (%)	Fibra (%)
1	3.17	10.19	9.54	13.16	35.11	28.83
2	3.12	10.51	15.62	10.57	34.72	25.46
3	2.07	9.36	10.48	13.09	37.80	27.20
4	2.12	9.04	14.80	11.01	37.47	25.56
5	3.33	8.54	9.46	10.72	35.57	32.38
6	3.28	8.86	15.74	11.46	37.11	23.55
7	2.29	11.88	10.50	10.08	38.64	26.61
8	2.34	11.56	15.60	12.81	38.13	19.56

Tabla 6.1 Resultados de análisis proximales.

6.1 Formulación de alimento, doble propósito.

A continuación se muestran los resultados de los efectos principales de los factores cascarilla de arroz, cáscara de plátano, concha de huevo, grasa vacuna, frijol caupí y microorganismos efectivos EM1, sobre las variables repuestas tales como grasa cruda, proteína, fibra, ceniza, humedad y carbohidratos.

6.1.1 Efectos sobre la proteína del alimento.

La proteína es la principal fuente de nutrición en los alimentos balanceados, en la figura 6.1 se presentan los efectos de los factores sobre la proteína.

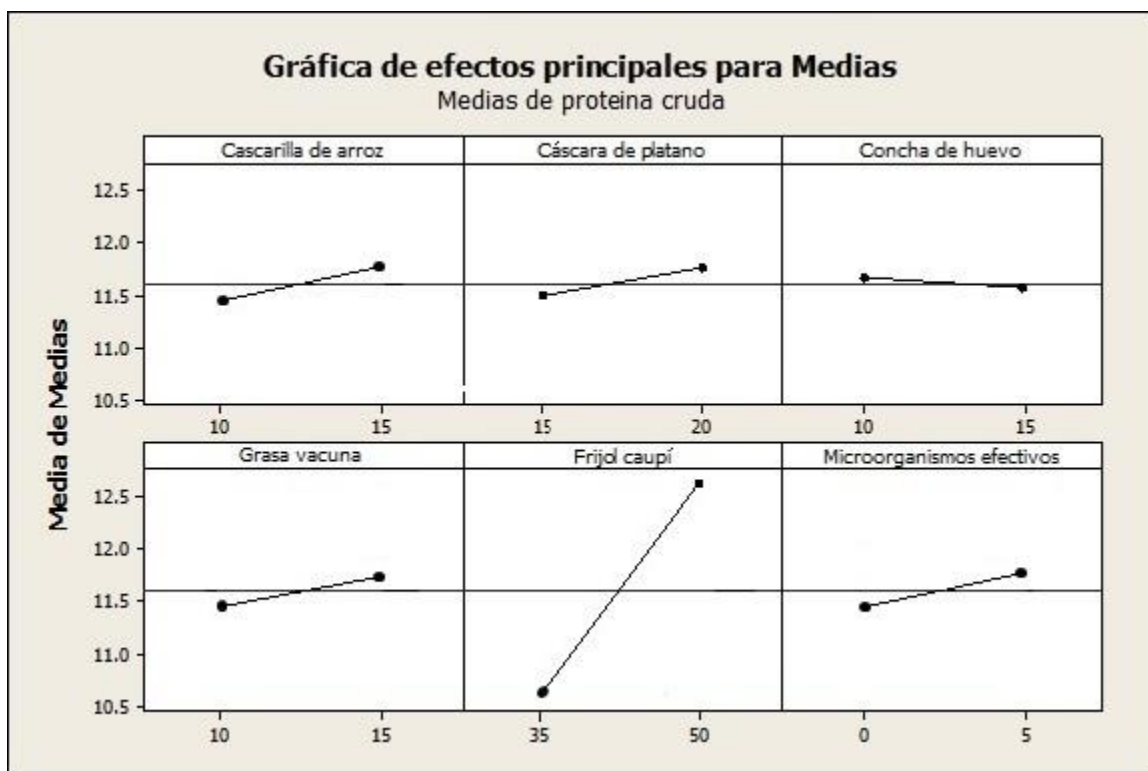


Figura 6.1 Efectos principales para media de proteína.

En la figura 6.1 se observa que el factor frijol caupí tiene el mayor efecto sobre la proteína del alimento, como cabía esperarse, debido al contenido alrededor de 30% de proteína (Vargas et al., 2012), es por eso que se atribuye que el frijol caupí contribuye a que el alimento beneficie el crecimiento de las aves.

Según el análisis de varianza para la variable proteína, se demuestra que el único factor que tiene efecto sobre este, es el factor frijol caupí. Ver tabla ANOVA 6.2. Se eligió el nivel 1 del factor frijol caupí, debido a que este nivel favorece el aumento de la proteína en el alimento. Ver tabla 6.3.

La fórmula propuesta de alimento, que se formuló usando el análisis de varianza, presento un 13.02% de proteínas gracias al uso de frijol caupí sin embargo este valor es menor al obtenido por (Picot et al., 2015) que obtuvieron un 20%, esto se debe a que Picot et al., además de usar frijol caupí uso soja en un 11% del alimento.

Ver análisis de varianza completo en anexo A

Efecto	SS	G.L.	V	Fexp
C. de arroz	0.95	1	0.95	1.81
C. plátano	0.15	1	0.15	0.28
C. huevo	0.01	1	0.01	0.03
Grasa	0.18	1	0.18	0.34
Frijol	8.28	1	8.28	15.70
M.e.	0.78	1	0.78	1.48
Error	1.06	2	0.53	

Tabla 6.2. ANOVA para análisis de varianza.

	Efecto Promedio.	
Efecto	Nivel 1	Nivel2
Frijol	12.63	10.60

Tabla 6.3. Efecto Promedio.

6.1.2 Efectos sobre la grasa cruda del alimento.

En la figura 6.2 se muestran los efectos de los factores sobre la grasa cruda en el alimento.

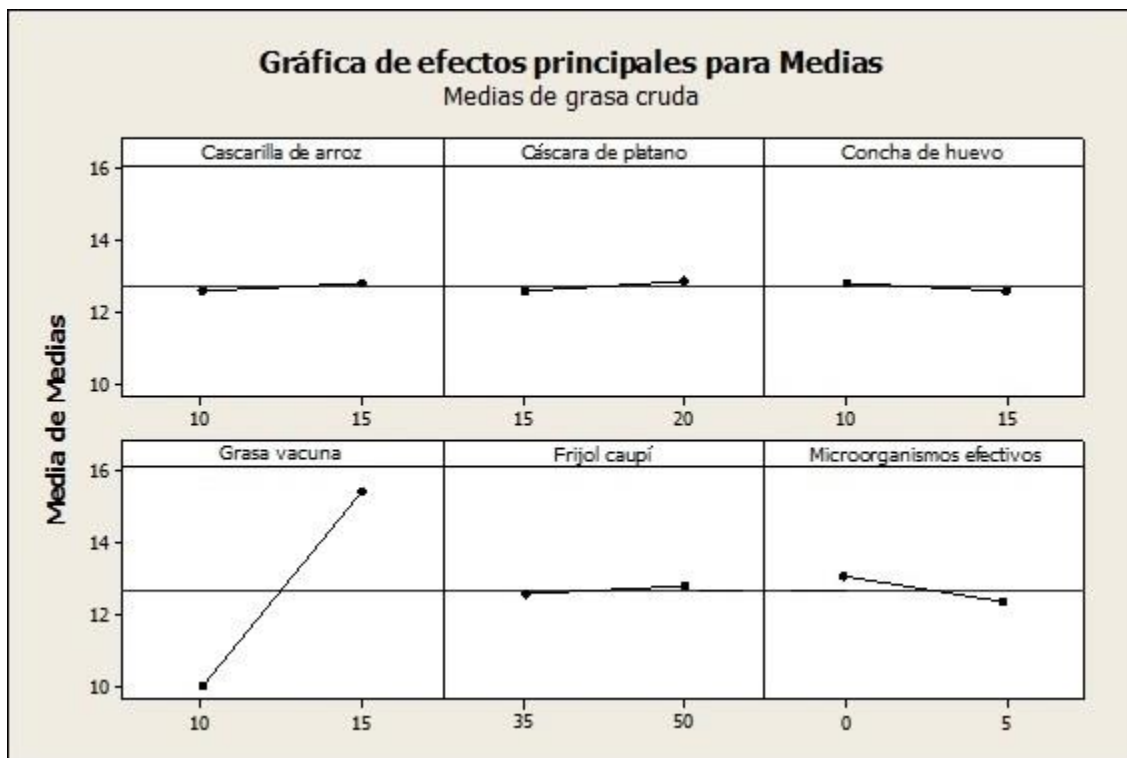


Figura 6.2 Efectos principales para medias de grasa cruda.

En la figura 6.2 se observa que el factor grasa vacuna tiene mayor efecto sobre la variable respuesta seguido de los microorganismos efectivos, con un efecto menor, se presume que levemente degradan o reducen la cantidad de grasa en el alimento, esto en comparación a los resultados obtenidos por (Ballesteros, 2011) en cuyo estudio los microorganismos redujeron la cantidad de grasa cruda en un 1.8%.

También se evidencia que los demás factores no tienen efecto significativo, esto se atribuye a que la cascarilla de arroz contiene menos del 1% de grasa (Quiceno, 2010), la cascara de plátano un 10% de su masa en grasa (Ly et al., 2004), el aporte de ambos es insignificante comparado con el aporte de grasa vacuna que es del 96.5% de su masa según datos de Fundación Fedna (Fedna, 2015), contribuyendo con la energía requerida en el alimento para aves.

Usando el análisis de varianza para la variable grasa, se observa que el único factor que tiene efecto sobre este, es el factor grasa vacuna. Ver tabla ANOVA 6.4. Se eligió el nivel 2 del factor grasa cruda, debido a que este nivel favorece el aumento de la grasa en el alimento. Ver tabla 6.5.

La fórmula propuesta de alimento, que se formuló usando el análisis de varianza, presento un 15.83% de grasas esto se debe al uso de grasa vacuna, este valor es similar al obtenido por Pérez-Bonilla et al. (2011) que obtuvieron un 16%.

Ver análisis de varianza completo en anexo A

Efecto	SS	G.L	V	Fexp
C. de arroz	0.09	1	0.09	0.16
C. plátano	0.13	1	0.13	0.23
C. huevo	0.08	1	0.08	0.13
Grasa v.	59.30	1	59.30	105.65
Frijol c.	0.12	1	0.12	0.21
Microorganismos e.	1.08	1	1.08	1.93
Error	1.12	2	0.56	

Tabla 6.4 ANOVA para efectos sobre grasa cruda.

	Efecto promedio	
Efecto	Nivel 1	Nivel2
Grasa v.	10.00	15.44

Tabla 6.5 Efecto promedio de grasa vacuna sobre grasa del alimento.

6.1.3 Efectos sobre la fibra del alimento.

En la figura 6.3 se muestran los efectos de los factores sobre la fibra.

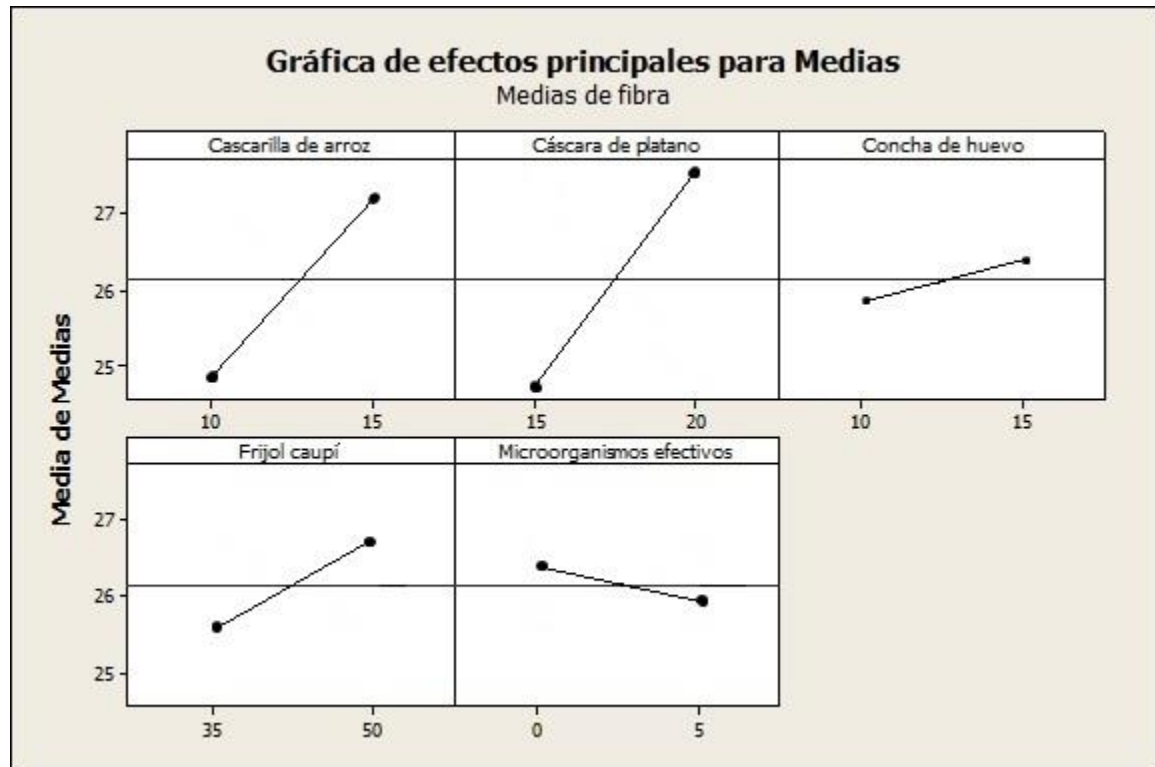


Figura 6.3 Efectos principales para medias de fibra.

En la figura 6.3 se observa que los factores que afectan en mayor medida el porcentaje de fibra, son la cáscara de plátano y la cascarilla de arroz. Esto se debe a que la cascarilla de arroz contiene un 34% de fibra (Quiceno, 2010) mientras que la cáscara de plátano contiene un 16% de fibra (Ly et al., 2004) a pesar de que el plátano contiene menos fibra se usó en mayor cantidad en la formulación y eso explica que el efecto que ejerce sobre la fibra del alimento sea proporcional al efecto que ejerce la cascarilla de arroz y de esta manera ambos contribuyen al contenido energético del alimento.

Para el análisis de efectos sobre la fibra en el alimento se omite el factor grasa vacuna, debido a que la muestra debe estar desengrasada.

El análisis de varianza para la variable fibra arroja que los factores que afectan significativamente la fibra del alimento son cascarilla de arroz, cáscara de plátano, frijol caupí y microorganismos efectivos EM1. Ver tabla ANOVA 6.6.

Se eligió el nivel 2 para los factores cascarilla de arroz y cáscara de plátano; para frijol caupí y microorganismos efectivos se eligió el nivel1, debido a que estos niveles son los que favorecen la cantidad de fibra en el alimento. Ver tabla 6.7.

La fórmula propuesta de alimento, que se formuló usando el análisis de varianza, presento un 19.51% de fibra gracias al uso de cascarilla de arroz y cáscara de plátano, este valor es mayor al obtenido por (Carmiol et al., 1992) que obtuvieron un 8% y mayor que (Valdivie et al., 2008) quienes obtuvieron un 10%, esto se debe a que Carmiol et al., únicamente uso cascarilla de arroz, además Valdivie et al. únicamente usaron cáscara de plátano. Ver análisis de varianza completo en anexo A.

Efecto	SS	G.L	V	Fexp
C. de arroz	14.77	1	14.77	19.18
C. plátano	15.93	1	15.93	20.69
C. huevo	1.54	1	1.54	1.95
Frijol c.	8.47	1	8.47	11.00
Microorganismos e.	3.06	1	3.06	3.97
Error	1.54	2	0.77	

Tabla 6.6 ANOVA para efectos sobre fibra.

Efecto	Efecto promedio	
	Nivel 1	Nivel2
C. de arroz	24.79	27.50
C. plátano	24.73	27.56

Tabla 6.7 Efectos promedios sobre fibra.

6.1.4 Efectos sobre la ceniza del alimento.

En la figura 6.4 se presentan los efectos de los factores sobre las cenizas.

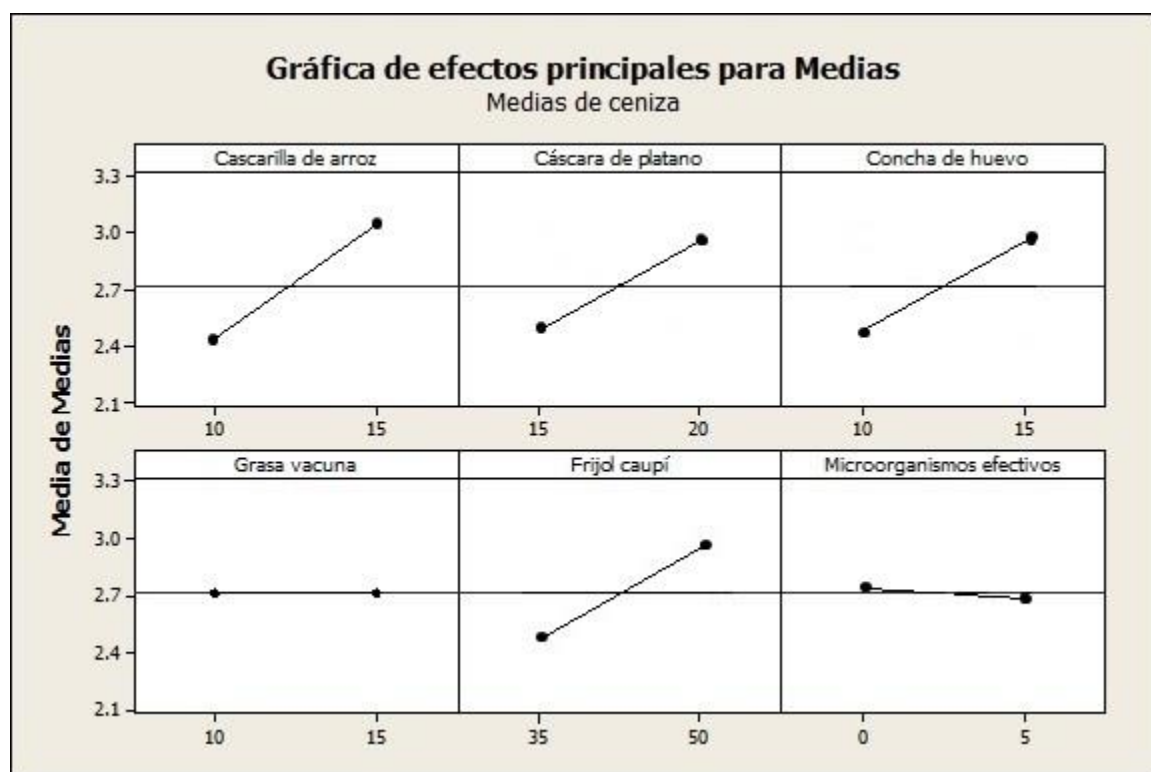


Figura 6.4 Efectos principales para medias de cenizas.

En la figura 6.4 se aprecia que el efecto lo ejercen la cáscara de plátano, que aporta un 13% de su masa en ceniza (Ly et al, 2004), la cascarilla de arroz con un 24% de su composición en ceniza (Quiceno, 2010), la concha de huevo por su contenido de calcio (94% de carbonato de calcio), magnesio (0.85%) y fósforo (0.85%) (Valdés, 2007) y el frijol caupí por su contenido de Hierro 13.8 mg, Zinc 6.4 mg, Fósforo 2.6 g y Potasio 1.9 g (Vargas et al., 2012), asegurando que el alimento preparado intervenga en el buen funcionamiento del sistema inmunológico de las aves, además colabore en el fortalecimiento de la estructura ósea

Observando el análisis de varianza para la variable ceniza, se aprecia que los factores que tienen efecto sobre este, son: cascarilla de arroz, cáscara de plátano, concha de huevo y frijol caupí. Ver tabla ANOVA 6.8. Se eligió el nivel 2 de los factores cascarilla de arroz, cáscara de plátano y concha de huevo además del nivel 1 para el factor frijol caupí, debido a que estos niveles favorecen el aumento de la ceniza. Ver tabla 6.9.

La fórmula propuesta de alimento, que se formuló usando el análisis de varianza, presento un 3.69% de ceniza gracias al uso de cascarilla de arroz y cáscara de plátano, este valor es levemente mayor al obtenido por Carmiol et al., 1992 que obtuvieron un 3% y mayor que (Valdivie et al., 2008) quienes obtuvieron un 2.7%, esto se debe a que Carmiol et al., únicamente uso cascarilla de arroz, además Valdivie et al. únicamente usaron cáscara de plátano.

Ver análisis de varianza completo en anexo A.

Efecto	SS	G.L	V	Fexp
C. de arroz	0.07	1	0.07	28.88
C. plátano	2.08	1	2.08	832.32
C. huevo	0.018	1	0.018	7.20
Grasa v.	0.00	1	0.00	0
Frijol c.	0.005	1	0.005	2
Microorganismos e.	0.001	1	0.001	0
Error	0.005	2	0.0025	

Tabla 6.8 ANOVA para efectos sobre ceniza.

Efecto	Efecto promedio	
	Nivel 1	Nivel2
C. de arroz	2.62	2.81
C. plátano	3.23	2.21
C. huevo	2.73	2.70
Frijol c.	2.72	2.72

Tabla 6.9 Efectos promedios sobre ceniza en el alimento.

6.1.5 Efectos sobre la humedad del alimento.

En la figura 6.5 se muestran los efectos de los factores sobre la humedad.

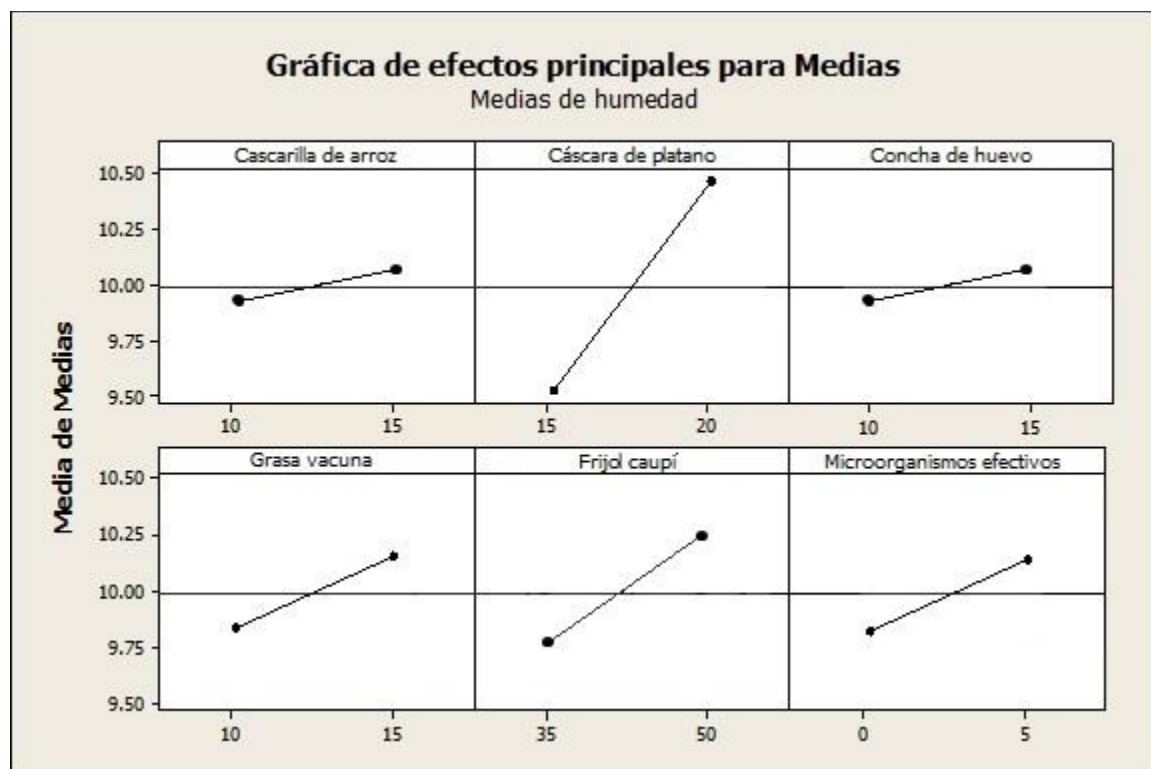


Figura 6.5 Efectos principales para medias de humedad.

En la figura 6.5 se aprecia que los factores que afectan la humedad son: en mayor medida la cáscara de plátano que posee el 12% de humedad (Ly et al., 2004) y en menor medida la grasa vacuna junto con los microorganismos efectivos y el frijol caupí, esto asegura que el alimento contenga humedad y por lo cual pueda ser ingerido correctamente por las aves.

Se observa en el análisis de varianza para humedad, que los factores que tienen efecto sobre este, son: cáscara de plátano, frijol caupí, grasa vacuna y microorganismos efectivos EM1. Ver tabla ANOVA 6.10. Se eligió el nivel 2 del factor grasa cruda y cáscara de plátano y el nivel 1 para frijol caupí y microorganismos efectivos, debido a que estos son los niveles que favorecen el porcentaje de humedad. Ver tabla 6.11.

La fórmula propuesta de alimento, que se formuló usando el análisis de varianza, presentó un 10.03% de humedad gracias al uso de cáscara de plátano, frijol caupí, grasa vacuna y microorganismos efectivos EM1, este valor es similar al obtenido por Miranda-Lopez et al. (2007) que obtuvieron un 11%.

Ver análisis de varianza completo en anexo A.

Efecto	SS	G.L	V	Fexp
C. de arroz	0.85	1	0.85	0.58
C. plátano	1.75	1	1.75	17.07
C. huevo	8.70	1	8.70	1.91
Grasa v.	0.38	1	0.38	3.70
Frijol c.	1.64	1	1.64	4.19
Microorganismos e.	0.20	1	0.20	2.00
Error	0.20	2	0.10	

Tabla 6.10 ANOVA para efectos sobre humedad.

	Efecto promedio	
Efecto	Nivel 1	Nivel2
C. plátano	9.53	10.46
Grasa v.	10.00	10.00
Frijol c.	10.00	10.00
Microorganismo e.	10.00	10.15

Tabla 6.11 Efecto promedio sobre humedad.

6.1.6 Efectos sobre los carbohidratos del alimento.

En la figura 6.6 se muestra los efectos de los factores sobre los carbohidratos.

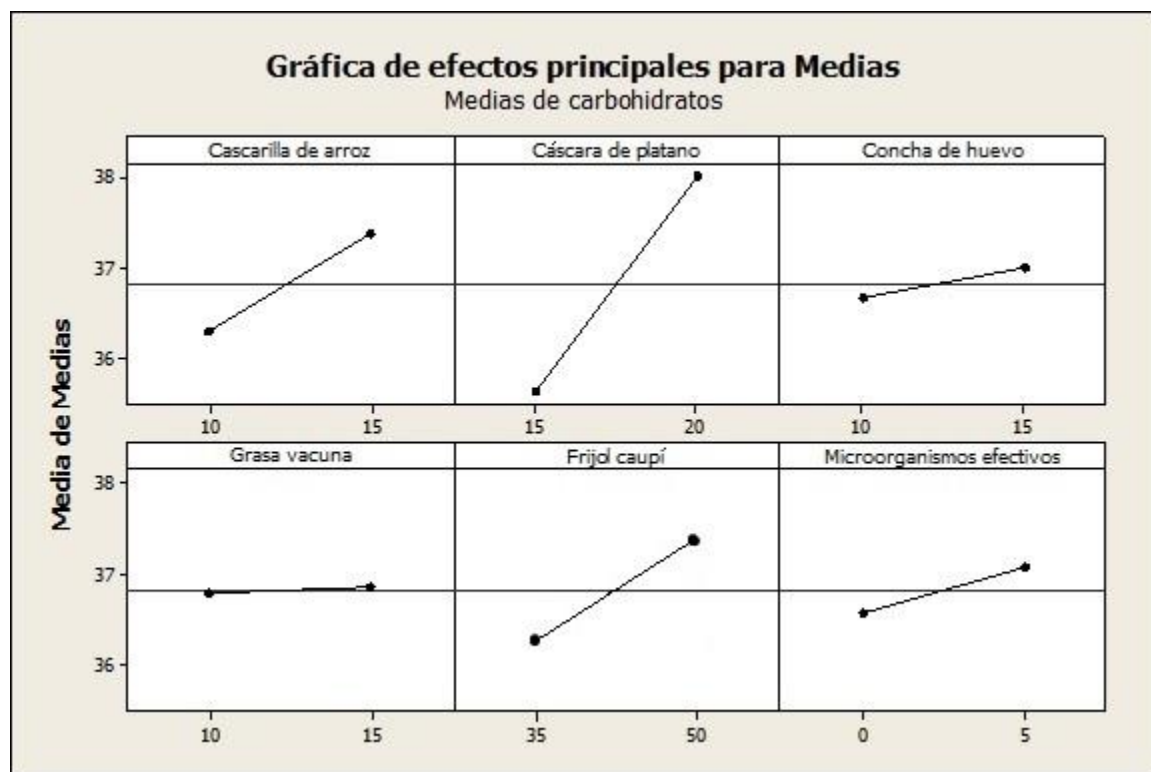


Figura 6.6 Efectos principales para medias de carbohidratos.

En la figura 6.6 se aprecian que el porcentaje de carbohidratos es afectado en mayor medida por la cáscara de plátano debido a poseer más de 50% de carbohidratos (Ly et al., 2004) y en menor medida por la cascarilla de arroz con más del 40%:(Quiceno, 2010) y el frijol caupí, estos factores contribuyen a que el alimento posea energía para las aves.

Según el análisis de varianza para la variable carbohidratos, se demuestra que los factores que tienen efecto sobre este, son el factor cascarilla de arroz, cascara de plátano y frijol caupí. Ver tabla ANOVA 6.12. Se eligió el nivel 2 de cáscara de plátano y cascarilla de arroz además del nivel 1 de frijol caupí, debido a que este nivel favorece el aumento de la proteína. Ver tabla 6.13.

Ver análisis de varianza completo en anexo A.

Efecto	SS	G.L	V	Fexp
C. de arroz	2.37	1	2.37	4.50
C. plátano	11.35	1	11.35	21.60
C. huevo	0.23	1	0.23	0.43
Grasa v.	0.01	1	0.01	0.02
Frijol c.	1.38	1	1.38	2.60
Microorganismos e.	1.05	1	1.05	1.98
Error	1.05	2	0.53	

Tabla 6.12 ANOVA para efectos sobre carbohidratos.

Efecto	Efecto promedio	
	Nivel 1	Nivel2
C. de arroz	9.78	10.21
C. plátano	9.53	10.46
Grasa v.	10.00	10.00
Frijol c.	10.00	10.00
Microorganismo e.	10.00	10.15

Tabla 6.13 Efectos promedios sobre carbohidratos.

Luego de analizar los resultados se puede observar que los factores son significantes en variables respuestas específicas y no en todas las variables, para apreciar mejor donde son significativas y donde no se puede revisar la siguiente tabla.

Factor	Humedad	Ceniza	Proteína	Grasa	Fibra	Carbohidratos
C. de arroz		X			X	X
C. de plátano	X	X			X	X
C. de huevo		X				
Grasa vacuna	X			X		
Frijol caupí	X	X	X		X	X
M. efectivos	X				X	X

Tabla 6.14 Efectos significativos de cada variable.

Los niveles óptimos de cada factor se eligieron usando el análisis de varianza y se pueden ver en la siguiente tabla.

Factor	Nivel 1	Nivel 2
C. de arroz		X
C. de plátano		X
C. de huevo		X
Grasa vacuna		X
Frijol caupí	X	
M. efectivos	X	

Tabla 6.15 Nivel óptimo de cada factor.

6.2 Formulación del alimento propuesto

Mediante análisis de varianza se obtuvo la formulación del alimento balanceado propuesto, en el cual el factor cascarilla de arroz debe estar presente en 15 partes de la formulación, de igual manera la concha de huevo y grasa vacuna con la misma proporción (15 partes), en cambio la cáscara de plátano en 20 partes, los microorganismos efectivos EM1 en 5 partes y el frijol caupí en 50 partes.

Los porcentajes de los requerimientos nutricionales del producto propuesto corresponden a: ceniza 3.69% además 10.03% de humedad, en cuanto a grasa 15.83%, proteína 13.02%, con respecto a carbohidratos 38.92% y fibra 19.51%.

En la tabla 6.16 se compara la formulación de alimento propuesto con el alimento balanceado según Farrell, (2014). Se puede notar que la formulación determinada tiende a ser un alimento balanceado.

	Formulación de alimento propuesto (%)	Alimento balanceado (%)
Humedad	10.03	Max 13.00
Cenizas	3.69	4.00-8.00
Grasa cruda	15.83	Max 15.00
Proteína	13.02	Max 13.00
Carbohidratos	38.92	Max 37.00
Fibra	19.51	Max 20.00

Tabla 6.16 Comparación formulación de alimento propuesto y alimento balanceado.

El porcentaje de cenizas en la formulación del alimento propuesto es aproximadamente igual con la cantidad mínima requerida en un alimento balanceado; en cuanto a la cantidad de carbohidratos es ligeramente mayor a la cantidad máxima aceptable y el porcentaje de fibra es significativamente más alto que la cantidad mínima necesaria, sin embargo no sobrepasa el límite que es de 20%, aun así este resultado es mayor que el obtenido por (Solano et al, 2000) que fue del 14% en su formulación en la que uso cascarilla de arroz y harina de subproductos de pesca. El porcentaje de proteína resultante es 13%, suficiente para ser considerado como alimento balanceado.

6.3 Comparación del alimento formulado con el industrializado (comercial).

La empresa Cargill produce alimentos para aves de postura y de engorde con el nombre comercial de Purina Nutrimientos, la cual oferta los siguientes productos: Purimas aves (12% proteína), Purimas aves (10.5% proteína), Finalina (19% proteína), Crecentina (12% proteína) todos para suministrarse a las aves como alimento final.

En la tabla 6.17 se presenta la formulación de alimento propuesto con el producto Purimas aves (12% proteína).

	Formulación de alimento propuesto (%)	Purimas aves (%)
Proteína	13.02	12.00
Grasa	15.83	13.50
Fibra	19.51	14.50

Tabla 6.17 Formulación de alimento propuesto vs. Purimas aves (12% proteína).

Se observarse que la formulación propuesta supera en cantidades de proteína, grasa y fibra a Purimas aves (12% proteína).

VII. CONCLUSIONES

Se elaboró un alimento de doble propósito para aves de corral usando como materia prima cascarilla de arroz, concha de huevo, cáscara de plátano, grasa vacuna, frijol caupí y microorganismos efectivos EM1.

El alimento formulado cumple con los requerimientos nutricionales de alimento balanceado propuestos en Revisión del Desarrollo Avícola de la *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y el Desarrollo (FAO)*. El Producto formulado propuesto presenta 13.02% de proteína, 15.83% de grasa cruda y 19.51% de fibra, además 10.03% de humedad y 3.69% de cenizas.

El contenido nutricional del alimento formulado supera al Purimas aves (12% proteína).

VIII. RECOMENDACIONES

- Evaluar el comportamiento y consumo del alimento elaborado por las aves de corral.
- Comparar la ganancia de peso de las aves alimentadas con el alimento elaborado y un grupo testigo.
- Comparar el rendimiento productivo de huevos de las aves alimentadas con el alimento elaborado y un grupo testigo.
- Elaborar un estudio de mercado para el alimento formulado.

IX. BIBLIOGRAFÍA

Association of Official Agricultural Chemists. (2012). *Official methods of analysis of AOAC International*. Maryland: Autor.

Ávila, E., Arellano, L., Calvo, C., Gil, F. P., Fuente, B., & Carranco, M. E. (2003). Inclusión de la harina de cabezas de camarón *penaeus* en raciones para gallinas ponedoras. Efecto sobre la concentración de pigmento rojo de yema y calidad de huevo. *Interciencia*, 28(6), 328-333.

Ballesteros, D. A. (2011). Efecto de la suplementación de em (microorganismos efectivos) en la alimentación de conejos nueva zelandia en la fase de ceba en la finca el pedregal del municipio de Zimijaca (Tesis inédita de Zootecnia). Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia.

Cables-Labrada, O. & Almaguer-Escalona, E. (2013). Alternativa saludable y económica para lograr una agricultura sostenible: los microorganismos eficientes. *Luz*, 13(1), 237-241.

Carmiol, G., Campabadal, C., & Zumbado, M. (1992). Utilización de la semolina de arroz en la alimentación de pollos parrilleros: adulteración con cascarilla de arroz. *Agronomía Costarricense* 6(2), 65-72.

Centeno, E. (2014). Estudio de mercado del sector avícola. Recuperado el 27 de mayo de 2015, de www.mific.gob.ni/LinkClick.aspx?fileticket=KNdGz9FY4U%3D

Farrell, D. (2014). Revisión del desarrollo avícola. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y el Desarrollo*. FAO. Recuperado <http://www.fao.org/docrep/021/i3631s/i3631s.pdf>.

Fundacion Fedna. (2015). Ingredientes_para_piensos: grasas de origen animal. Venezuela: Autor.

Garcia, T. (2010). Proteína. En: *El Pequeño Larousse Ilustrado*, 16th ed. México, p.584.

Gargallo, J. (1980). Efectos nutricionales de la utilización de fibra en las dietas de monogástricos. Efecto de la adición de fibra en la dieta para aves. *Selecciones avícolas*, 22(8), 288-292.

Hernández, A. B., De la Paz, M., & García, L. A. (2014). La metodología de Taguchi en el control estadístico de la calidad. *Revista de la Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa*, 23(37).

Jabi, L., Barrios, P., & Vega, A. (2002). Evaluación del frijol caupi (*Vigna unguiculata*) como ingrediente proteico en dietas para pollos de asadero. *MVZ-CÓRDOBA*, 7(1), 162-167.

Ly, J., Postal, G., & Brava, P. (2004). Bananas y plátanos para alimentar cerdos: aspectos de la composición química de las frutas y de su palatabilidad. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 11(3), 5-24.

Martin, P. (1993). Manuales de control de calidad de los alimentos. *El laboratorio de control de calidad. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación*.

Ministerio de agricultura y ganadería (MAG). (s.f.). Recuperado el 3 de Febrero de 2015, de Guia para el manejo de gallinas ponedoras: http://www.mag.gob.sv/phocadownload/Apoyo_produccion/guia%20el%20manejo%20de%20gallinas%20ponedoras.pdf

Miranda-Lopez, S., Rincón, H., Muñoz, R., Higuera, A., Arzálluz, A. M., & Urdaneta, H. (2007). Parámetros productivos y química sanguínea en pollos de engorde alimentados con tres niveles diéticos de harina de granos de frijol (*vigna unguiculata* (L.) walp.) durante la fase de crecimiento. *Revista Científica*, 17, 150-160.

Pérez-Bonilla, A., Frikha, M., Mirzaie, S., García, J., & Mateos, G. G. (2011). Effects of the main cereal and type of fat of the diet on productive performance and egg quality of brown-egg laying hens from 22 to 54 weeks of age. *Poultry science*, 90(12), 2801-2810.

Picot, J. A., Koslowski, H. A., Slanac, A. L., Sánchez, S., & de Asís, A. N. (2015). Modificación de variables productivas por inclusión del “poroto caupí” (*Vigna unguiculata*) en la alimentación de cerdos. *Revista Veterinaria*, 26(1), 49-53.

Quiceno, D. (2010). Alternativas tecnológicas para el uso de la cascarilla de arroz como combustible: propiedades físicas y químicas de la cascarilla (Tesis inédita de licenciatura). Universidad Autónoma de Occidente, Cali, Colombia.

Rodriguez, J. E. F., & Alsina, S. (2010). Cambios morfológicos en vellosidades intestinales, en pollos de engorde alimentados a partir de los 21 días con una dieta que incluyó el 10% de microorganismos eficientes. *CITECSA*, 1(1), 40-46.

Solano, G., Cedeño, M. L. S., & Ramírez, R. (2000). Dietas para pollos en ceba a base de subproductos de la agro-industria local. *Revista electrónica de veterinaria. REDVET* <http://www.veterinaria.org/revista/Redvet> [consultado: enero 2015].

Soler, D. M., & Ramos, J. A. (2013). Producción sostenible de pollo de engorde y gallina ponedora campesina: revisión bibliográfica y propuesta de un modelo para pequeños productores. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental (RIAA)*, 3(2), 25-38.

Terrazas, M. M., Ávila, E., Cuca, M., & Nolasco, H. (2012). Efecto de la incorporación de harina de pescado con distinto grado de cocción a dietas para pollos de engorda formuladas a un perfil de aminoácidos digestibles. *Ciencias Pecuarias*, 43(3), 297-301.

Valdivié, M., Rodríguez, B., & Bernal, H. (2008). Alimentación de cerdos, aves y conejos con plátano (*Musa paradisiaca* L.). *ACPA*, 1(48).

Valdés, J. (2007) La cascara del huevo: ¿desecho o valor agregado para la salud humana y la producción avícola? Recuperado de <http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/5393/CONFERENCIA%20INVESTIGACION%20Y%20APLIC.%20CASCARA%20DE%20HUEVO-2.pdf>

Vargas, Y. R., Villamil, O. E., Murillo, E., Murillo, W., & Solanilla, J. F. (2012). Caracterización fisicoquímica y nutricional de la harina de frijol caupí *Vigna Unguiculata* L. cultivado en Colombia. *Vitae*, 19(1), S320-S321

Villalobos, A. C. (2004). Perspectivas actuales de la proteína unicelular (SCP) en la agricultura y la industria. *Agronomía mesoamericana*, 15(1), 93-106.

X. ANEXO

10.1 Anexo A. Análisis de varianza.

10.1.1 Análisis de varianza para proteína.

En la tabla 6.18 se muestran los experimentos y su respuesta en proteína, además de ingresar dos columnas que representan la variación natural o error aleatorio, si no asigna un factor, es de esperar que ahí se dé la variación natural.

El primer paso consiste en obtener los totales de la variable respuesta para cada uno de los niveles de cada factor, estos se muestran en la tabla 6.19

Para calcular los totales para cada nivel del factor cascarilla de arroz, se observa que las primeras cuatro pruebas del arreglo se efectuaron con este factor a su nivel 1 y las siguientes cuatro con este factor a su nivel 2.

Los totales son por lo tanto:

C. de arroz₁ = total de resultados que se tomaron con el factor C. de arroz a su nivel 1.

$$C. \text{ de arroz}_1 = 13.16 + 10.57 + 13.09 + 11.01 = 47.83$$

C de arroz₂ = total de las lecturas que se tomaron con el factor C. de arroz a su nivel 2.

$$C. \text{ de arroz}_2 = 10.72 + 11.46 + 10.08 + 12.81 = 45.07$$

Y de la misma manera para todos los factores, en resumen tendremos la tabla 6.18

Nº	C. de arroz	C. plátano	C. huevo	Grasa v.	Frijol c.	M.e.	e1	e2	Proteína
1	1	1	1	1	1	1	1	1	13.16
2	1	1	1	2	2	2	2	2	10.57
3	1	2	2	1	1	2	2	2	13.09
4	1	2	2	2	2	1	1	1	11.01
5	2	1	2	1	2	1	1	2	10.72
6	2	1	2	2	1	2	2	1	11.46
7	2	2	1	1	2	2	2	1	10.08
8	2	2	1	2	1	1	1	2	12.81

Tabla 6.18 Arreglo factorial y su respuesta en porcentaje de proteína.

Dónde:

C. de arroz = cascarilla de arroz.

C. de plátano = cascara de plátano.

C. de huevo = concha de huevo.

Frijol c. = frijol caupí.

M.e. = microorganismos efectivos EM1.

e1 = error uno.

e2 = error dos.

	C. de arroz	C. plátano	C. huevo	Grasa	Frijol c.	M.e.	e1	e2
N1	47.83	45.91	46.62	47.05	50.52	47.70	47.70	45.70
N2	45.07	46.99	46.28	45.85	42.38	45.20	45.20	47.20
Suma	92.90	92.90	92.90	92.9	92.90	92.90	92.90	92.90

Tabla 6.19 Totales de la variable respuesta para cada nivel de cada factor.

El segundo paso es obtener la suma de los cuadrados.

Se calcula la suma de cuadrados con la siguiente ecuación

$$SS X = \frac{(Total\ nivel\ 2 - Total\ nivel\ 1)^2}{n} \quad (ec. 7)$$

Así por ejemplo para el factor C. de arroz, tendremos, dado que $n = 8$

$$SS\ C. de\ arroz = (C. de\ arroz_2 - C. de\ arroz_1)^2/8 = (45.07-47.83)^2/8 = 0.95$$

Igualmente se calculan las sumas de cuadrados para cada factor restante, la suma de cuadrados de las columnas donde no se asignó factor ósea donde está el error natural (SS e) se toman como estimaciones del error y se suman.

Se construye una tabla ANOVA como la que se presenta en tabla 6.20

1	2	3	4	5
Efecto	SS	G.L.	V	Fexp
C. de arroz	0.95	1	0.95	1.81
C. plátano	0.15	1	0.15	0.28
C. huevo	0.01	1	0.01	0.03
Grasa	0.18	1	0.18	0.34
Frijol	8.28	1	8.28	15.70
M.e.	0.78	1	0.78	1.48
Error	1.06	2	0.53	

Tabla 6.20 Tabla ANOVA para análisis de varianza.

Dónde:

SS = suma de cuadrados.

G.L. = grados de libertad.

V. = valor probabilístico.

Fexp. = distribución de Fisher.

En la columna SS (2) se tienen las sumas de cuadrados. En la columna G.L. (3) (grados de libertad) tendremos el número de columnas que se usaron para evaluar el factor, en este caso, solo puede ser de uno para cada factor y más de uno únicamente para el caso del error.

La columna V (4), se obtiene dividiendo la columna SS (2), la columna G.L.

Así por ejemplo, para el factor C. de arroz se tiene:

SS C. de arroz = 0.95, G.L. de C. de arroz = 1

$V = SS \text{ C. de arroz} / G.L. \text{ de C. de arroz} = 0.95 / 1 = 0.95$

Por último, el valor de Fexp columna (5), se obtiene de dividir el valor de V columna (4) de cada factor, entre el valor de V.

$F_{exp} \text{ de C. de arroz} = V(C. \text{ de arroz}) / V(\text{error}) = 0.95 / 0.53 = 1.81$

Terminada la tabla ANOVA obtenemos las siguientes conclusiones:

Todos aquellos factores, que tienen un valor de Fexp mayor que 2 se considera que afectan la variable respuesta, porcentaje de proteína, en este caso; estos son llamados factores significantes.

Para proteínas únicamente es significativo el factor Frijol caupí, esto deja fuera los factores cascarilla de arroz y microorganismos efectivos que por el método de análisis gráfico aparentaban afectar la variable respuesta proteína.

Se considera que aquellos efectos que no resultaron significativos, se tomen como error aleatorio, a fin de obtener una mejor estimación (con mayor número de grados de libertad).

En este caso por ejemplo, una mejor estimación de SSe es:

$SSe = SSC. \text{ De arroz} + SSC. \text{ De plátano} + SSC. \text{ De huevo} + SS \text{ grasa} + SS \text{ M.e.} + SSe = 0.95 + 0.15 + 0.01 + 0.18 + 0.78 + 1.06 = 3.13$ con 7 grados de libertad.

La tabla ANOVA queda de esta manera:

Efecto	SS	G.L.	V	Fexp
Frijol	8.28	1	8.28	18.53
Error	3.13	7	0.47	

Tabla 6.21 Tabla ANOVA con una mejor estimación de SSe.

Posteriormente se fijará el nivel de cada factor significativo. Se consideran los promedios de los resultados experimentales obtenidos a cada nivel para cada uno de los factores significativos.

Los promedios de proteína para cada nivel se obtienen dividiendo cada uno de los totales entre 4, (cada total es la suma de cuatro resultados experimentales).

Promedio de C. de arroz₁ = C. de arroz₁/4 = 47.83/4 = 11.9575

Promedio de C. de arroz₂ = C. de arroz₂/4 = 45.07/4 = 11.2675

Así sucesivamente para cada factor. En la tabla 6.22 efecto promedio para cada factor se muestran los resultados.

Efecto	Efecto Prom.	
	Nivel 1	Nivel 2
C. de arroz	11.96	11.27
C. plátano	11.48	11.75
C. huevo	11.66	11.57
Grasa	11.76	11.46
Frijol	12.63	10.60
M.e.	11.92	11.30

Tabla 6.22 Tabla de efecto promedio para cada factor.

El factor frijol caupí que afecta el porcentaje de proteína debe fijarse al nivel que maximice la cantidad de proteína, esto es, al nivel que se obtenga el promedio mayor correspondiente al nivel 1.

Los demás factores juegan un papel importante. Dado que no afectan el porcentaje de proteína, dentro del intervalo analizado, se utilizan para reducir los costos de producción. Esto se hace fijándolo a su nivel más económico.

10.1.2 Análisis de varianza para grasa cruda.

Como en el análisis anterior en la tabla 6.23 se muestran los experimentos y su respuesta en grasa cruda, además de ingresar dos columnas que representan la variación natural o error aleatorio, si no asigna un factor, es de esperar que ahí se dé la variación natural.

El primer paso consiste en obtener los totales de la variable respuesta para cada uno de los niveles de cada factor, estos se muestran en la tabla 6.24

Para calcular los totales para cada nivel del factor cascarilla de arroz, se observa que las primeras cuatro pruebas del arreglo se efectuaron con este factor a su nivel 1 y las siguientes cuatro con este factor a su nivel 2.

Nº	C. de arroz	C. plátano	C. huevo	Grasa v.	Frijol c.	Microorganismos e.	e1	e2	% Grasa
1	1	1	1	1	1	1	1	1	9.54
2	1	1	1	2	2	2	2	2	15.62
3	1	2	2	1	1	2	2	2	10.48
4	1	2	2	2	2	1	1	1	14.80
5	2	1	2	1	2	1	1	2	9.46
6	2	1	2	2	1	2	2	1	15.74
7	2	2	1	1	2	2	2	1	10.50
8	2	2	1	2	1	1	1	2	15.60

Tabla 6.23 Arreglo ortogonal y su resultado en porcentaje de grasa cruda.

	C. de arroz	C. plátano	C. huevo	Grasa v.	Frijol c.	Microorganismos e.	e1	e2
N1	50.44	50.36	51.26	39.98	51.36	49.40	49.40	50.58
N2	51.30	51.38	50.48	61.76	50.38	52.34	52.34	51.16
	101.70	101.74	101.70	101.70	101.70	101.74	101.74	101.74

Tabla 6.24 Totales de cada factor a cada nivel.

El segundo paso es obtener la suma de los cuadrados.

Efecto	SS	G.L	V	Fexp
C. de arroz	0.09	1	0.09	0.16
C. plátano	0.13	1	0.13	0.23
C. huevo	0.08	1	0.08	0.13
Grasa v.	59.30	1	59.30	105.65
Frijol c.	0.12	1	0.12	0.21
Microorganismos e.	1.08	1	1.08	1.93
Error	1.12	2	0.56	

Tabla 6.25 Tabla ANOVA.

En la columna SS (2) se tienen las sumas de cuadrados. En la columna G.L. (3) (grados de libertad) tendremos el número de columnas que se usaron para evaluar el factor, en este caso, solo puede ser de uno para cada factor y más de uno únicamente para el caso del error.

La columna V (4), se obtiene dividiendo la columna SS (2), la columna G.L.

Terminada la tabla ANOVA obtenemos las siguientes conclusiones:

Todos aquellos factores, que tienen un valor de Fexp mayor que 2 se considera que afectan la variable respuesta, porcentaje de proteína, en este caso; estos son llamados factores significantes.

Para proteínas únicamente es significativo el factor Frijol caupí, esto deja fuera los factores cascarilla de arroz y microorganismos efectivos que por el método de análisis gráfico aparentaban afectar la variable respuesta proteína.

Se considera que aquellos efectos que no resultaron significantes, se tomen como error aleatorio, a fin de obtener una mejor estimación (con mayor número de grados de libertad).

La tabla ANOVA queda de esta manera:

Efecto	SS	G.L	V	Fexp
Grasa v.	59.30	1	59.30	158.33
Error	2.62	7	0.37	

Tabla 6.26 Tabla ANOVA.

Posteriormente se fijará el nivel de cada factor significativo. Se consideran los promedios de las lecturas que tomaron a cada nivel para cada uno de los factores significantes.

Los promedios de proteína para cada nivel se obtienen dividiendo cada uno de totales entre 4, (cada total es la suma de cuatro resultados experimentales).

Así sucesivamente para cada factor. En la tabla 6.27 efecto promedio para cada factor se muestran los resultados.

Efecto	Efecto promedio	
	Nivel 1	Nivel 2
C. de arroz	12.61	12.83
C. plátano	12.59	12.85
C. huevo	12.82	12.62
Grasa v.	10.00	15.44
Frijol c.	12.84	12.60
Microorganismo e.	12.35	13.09

Tabla 6.27 Efecto promedio de cada factor.

10.1.3 Análisis de varianza para fibra.

En la tabla 6.28 se muestran los experimentos y su respuesta en proteína, además de ingresar dos columnas que representan la variación natural o error aleatorio, si no asigna un factor, es de esperar que ahí se dé la variación natural.

El primer paso consiste en obtener los totales de la variable respuesta para cada uno de los niveles de cada factor, estos se muestran en la tabla 6.29

Para calcular los totales para cada nivel del factor cascarilla de arroz, se observa que las primeras cuatro pruebas del arreglo se efectuaron con este factor a su nivel 1 y las siguientes cuatro con este factor a su nivel 2.

Nº	C. de arroz	C. plátano	C. huevo	Grasa v.	Frijol c.	Microorganismos e.	e1	e2	% Fibra
1	1	1	1	1	1	1	1	1	28.83
2	1	1	1	2	2	2	2	2	25.46
3	1	2	2	1	1	2	2	2	27.20
4	1	2	2	2	2	1	1	1	25.56
5	2	1	2	1	2	1	1	2	32.38
6	2	1	2	2	1	2	2	1	23.55
7	2	2	1	1	2	2	2	1	26.61
8	2	2	1	2	1	1	1	2	19.56

Tabla 6.28 Arreglo ortogonal y su resultado en porcentaje de fibra.

	C. de arroz	C. plátano	C. huevo	Frijol c.	Microorganismos e.	e1	e2
N1	99.14	98.93	102.82	100.50	102.10	106.33	104.55
N2	110.00	110.22	106.33	108.70	107.10	102.82	104.6
Suma	209.20	209.20	209.20	209.20	209.20	209.20	209.20

Tabla 6.29 Totales de cada factor a cada nivel.

El segundo paso es obtener la suma de los cuadrados. Se construye una tabla ANOVA como la que se presenta en tabla 6.30

Efecto	SS	G.L	V	Fexp
C. de arroz	14.77	1	14.77	19.18
C. plátano	15.93	1	15.93	20.69
C. huevo	1.54	1	1.54	1.95
Frijol c.	8.47	1	8.47	11.00
Microorganismos e.	3.06	1	3.06	3.97
Error	1.54	2	0.77	

Tabla 6.30 Tabla ANOVA.

En la columna SS (2) se tienen las sumas de cuadrados. En la columna G.L. (3) (grados de libertad) tendremos el número de columnas que se usaron para evaluar el factor, en este caso, solo puede ser de uno para cada factor y más de uno únicamente para el caso del error.

La columna V (4), se obtiene dividiendo la columna SS (2), la columna G.L. Por último, el valor de Fexp columna (5), se obtiene de dividir el valor de V columna (4) de cada factor, entre el valor de V.

Todos aquellos factores, que tienen un valor de Fexp mayor que 2 se considera que afectan la variable respuesta, porcentaje de proteína, en este caso; estos son llamados factores significantes.

Para proteínas únicamente es significativo el factor Frijol caupí, esto deja fuera los factores cascarilla de arroz y microorganismos efectivos que por el método de análisis gráfico aparentaban afectar la variable respuesta proteína.

Se considera que aquellos efectos que no resultaron significantes, se tomen como error aleatorio, a fin de obtener una mejor estimación (con mayor número de grados de libertad).

Efecto	SS	G.L	V	Fexp
C. de arroz	14.77	1	14.77	39.92
C. plátano	15.93	1	15.93	43.05
Error	2.62	9	0.37	

Tabla 6.31 Tabla ANOVA.

Posteriormente se fijará el nivel de cada factor significativo. Se consideran los promedios de las lecturas que tomaron a cada nivel para cada uno de los factores significantes.

Los promedios de proteína para cada nivel se obtienen dividiendo cada uno de los totales entre 4, (cada total es la suma de cuatro resultados experimentales).

Efecto	Efecto promedio	
	Nivel 1	Nivel2
C. de arroz	24.79	27.50
C. plátano	24.73	27.56

Tabla 6.32 Tabla de efectos promedios.

10.1.4 Análisis de varianza para ceniza.

Como en el análisis anterior en la tabla 6.33 se muestran los experimentos y su respuesta en grasa cruda, además de ingresar dos columnas que representan la variación natural o error aleatorio, si no asigna un factor, es de esperar que ahí se dé la variación natural.

El primer paso consiste en obtener los totales de la variable respuesta para cada uno de los niveles de cada factor, estos se muestran en la tabla 6.34

Para calcular los totales para cada nivel del factor cascarilla de arroz, se observa que las primeras cuatro pruebas del arreglo se efectuaron con este factor a su nivel 1 y las siguientes cuatro con este factor a su nivel 2.

Nº	C. de arroz	C. plátano	C. huevo	Grasa v.	Frijol c.	Microorganismos e.	e1	e2	% Ceniza
1	1	1	1	1	1	1	1	1	3.17
2	1	1	1	2	2	2	2	2	3.12
3	1	2	2	1	1	2	2	2	2.07
4	1	2	2	2	2	1	1	1	2.12
5	2	1	2	1	2	1	1	2	3.33
6	2	1	2	2	1	2	2	1	3.28
7	2	2	1	1	2	2	2	1	2.29
8	2	2	1	2	1	1	1	2	2.34

Tabla 6.33 Arreglo ortogonal y su resultado en porcentaje de ceniza.

	C. de arroz	C. plátano	C. huevo	Grasa v.	Frijol c.	Microorganismos e.	e1	e2
N1	10.48	12.90	10.92	10.86	10.86	10.96	10.96	10.86
N2	11.24	8.82	10.80	10.86	10.86	10.76	10.76	10.86
Suma	21.72	21.72	21.72	21.72	21.72	21.72	21.72	21.72

Tabla 6.34 Totales de cada factor a cada nivel.

El segundo paso es obtener la suma de los cuadrados.

Efecto	SS	G.L	V	Fexp
C. de arroz	0.07	1	0.07	28.88
C. plátano	2.08	1	2.08	832.32
C. huevo	0.018	1	0.018	7.20
Grasa v.	0.00	1	0.00	0
Frijol c.	0.005	1	0.005	2
Microorganismos e.	0.001	1	0.001	0
Error	0.005	2	0.0025	

Tabla 6.35 Tabla ANOVA.

En la columna SS (2) se tienen las sumas de cuadrados. En la columna G.L. (3) (grados de libertad) tendremos el número de columnas que se usaron para evaluar el factor, en este caso, solo puede ser de uno para cada factor y más de uno únicamente para el caso del error.

La columna V (4), se obtiene dividiendo la columna SS (2), la columna G.L.

Terminada la tabla ANOVA obtenemos las siguientes conclusiones:

Todos aquellos factores, que tienen un valor de Fexp mayor que 2 se considera que afectan la variable respuesta, porcentaje de proteína, en este caso; estos son llamados factores significantes.

Para proteínas únicamente es significativo el factor Frijol caupí, esto deja fuera los factores cascarilla de arroz y microorganismos efectivos que por el método de análisis gráfico aparentaban afectar la variable respuesta proteína.

Se considera que aquellos efectos que no resultaron significantes, se tomen como error aleatorio, a fin de obtener una mejor estimación (con mayor número de grados de libertad).

Efecto	SS	G.L	V	Fexp
C. de arroz	0.07	1	0.07	53.09
C. plátano	2.08	1	2.08	1530
Concha de huevo	2.48	1	0.16	185
Frijol caupí.	0.01	1	0.01	3.68
Error	0.01	4	0.00136	

Tabla 6.36 Tabla ANOVA.

Posteriormente se fijará el nivel de cada factor significativo. Se consideran los promedios de las lecturas que tomaron a cada nivel para cada uno de los factores significantes.

Los promedios de proteína para cada nivel se obtienen dividiendo cada uno de los totales entre 4, (cada total es la suma de cuatro resultados experimentales).

Así sucesivamente para cada factor. En la tabla 6.37 efecto promedio para cada factor se muestran los resultados.

Efecto	Efecto promedio	
	Nivel 1	Nivel2
C. de arroz	2.62	2.81
C. plátano	3.23	2.21
C. huevo	2.73	2.70
Grasa v.	2.72	2.72
Frijol c.	2.72	2.72
Microorganismo e.	2.74	2.69

Tabla 6.37 Efecto promedio de cada factor.

10.1.5 Análisis de varianza para humedad.

En la tabla 6.38 se muestran los experimentos y su respuesta en proteína, además de ingresar dos columnas que representan la variación natural o error aleatorio, si no asigna un factor, es de esperar que ahí se dé la variación natural.

El primer paso consiste en obtener los totales de la variable respuesta para cada uno de los niveles de cada factor, estos se muestran en la tabla 6.39

Para calcular los totales para cada nivel del factor cascarilla de arroz, se observa que las primeras cuatro pruebas del arreglo se efectuaron con este factor a su nivel 1 y las siguientes cuatro con este factor a su nivel 2.

Nº	C. de arroz	C. plátano	C. huevo	Grasa v.	Frijol c.	Microorganismos e.	e1	e2	% Humedad
1	1	1	1	1	1	1	1	1	10.19
2	1	1	1	2	2	2	2	2	10.51
3	1	2	2	1	1	2	2	2	9.36
4	1	2	2	2	2	1	1	1	9.04
5	2	1	2	1	2	1	1	2	8.54
6	2	1	2	2	1	2	2	1	8.86
7	2	2	1	1	2	2	2	1	11.88
8	2	2	1	2	1	1	1	2	11.56

Tabla 6.38 Arreglo ortogonal y su resultado en porcentaje de humedad.

	C. de arroz	C. plátano	C. huevo	Grasa v.	Frijol c.	Microorganismos e.	e1	e2
N1	39.10	38.10	44.14	39.97	37.97	39.33	39.33	39.97
N2	40.84	41.84	35.80	39.97	41.97	40.61	40.61	39.97
	79.94	79.94	79.94	79.94	79.94	79.94	79.94	79.94

Tabla 6.39 Totales para cada uno de los factores a cada nivel.

El segundo paso es obtener la suma de los cuadrados. Se construye una tabla ANOVA como la que se presenta en tabla 6.40

Efecto	SS	G.L	V	Fexp
C. de arroz	0.85	1	0.85	0.58
C. plátano	1.75	1	1.75	17.07
C. huevo	8.70	1	8.70	1.91
Grasa v.	0.38	1	0.38	3.70
Frijol c.	1.64	1	1.64	4.19
Microorganismos e.	0.20	1	0.20	2.00
Error	0.20	2	0.10	

Tabla 6.40 Tabla ANOVA.

En la columna SS (2) se tienen las sumas de cuadrados. En la columna G.L. (3) (grados de libertad) tendremos el número de columnas que se usaron para evaluar el factor, en este caso, solo puede ser de uno para cada factor y más de uno únicamente para el caso del error.

La columna V (4), se obtiene dividiendo la columna SS (2), la columna G.L. Por último, el valor de Fexp columna (5), se obtiene de dividir el valor de V columna (4) de cada factor, entre el valor de V.

Todos aquellos factores, que tienen un valor de F_{exp} mayor que 2 se considera que afectan la variable respuesta, porcentaje de proteína, en este caso; estos son llamados factores significantes.

Para proteínas únicamente es significativa el factor Frijol caupí, esto deja fuera los factores cascarilla de arroz y microorganismos efectivos que por el método de análisis gráfico aparentaban afectar la variable respuesta proteína.

Se considera que aquellos efectos que no resultaron significantes, se tomen como error aleatorio, a fin de obtener una mejor estimación (con mayor número de grados de libertad).

Efecto	SS	G.L	V	F_{exp}
C. plátano	1.75	1	1.75	34.15
Grasa v.	0.15	1	0.15	3.27
Frijol c.	0.38	1	0.38	6.84
Microorganismos e.	0.20	1	0.20	4.00
Error	0.20	4	0.05	

Tabla 6.41 Tabla ANOVA.

Posteriormente se fijará el nivel de cada factor significativo. Se consideran los promedios de las lecturas que tomaron a cada nivel para cada uno de los factores significantes.

Los promedios de proteína para cada nivel se obtienen dividiendo cada uno de los totales entre 4, (cada total es la suma de cuatro resultados experimentales).

Efecto	Efecto promedio	
	Nivel 1	Nivel2
C. de arroz	9.78	10.21
C. plátano	9.53	10.46
C. huevo	11.04	8.95
Grasa v.	10.00	10.00
Frijol c.	10.00	10.00
Microorganismo e.	10.00	10.15

Tabla 6.42 Efectos promedios de cada factor.

10.1.6 Análisis de varianza para carbohidratos.

Como en el análisis anterior en la tabla 6.43 se muestran los experimentos y su respuesta en grasa cruda, además de ingresar dos columnas que representan la variación natural o error aleatorio, si no asigna un factor, es de esperar que ahí se dé la variación natural.

El primer paso consiste en obtener los totales de la variable respuesta para cada uno de los niveles de cada factor, estos se muestran en la tabla 6.44

Para calcular los totales para cada nivel del factor cascarilla de arroz, se observa que las primeras cuatro pruebas del arreglo se efectuaron con este factor a su nivel 1 y las siguientes cuatro con este factor a su nivel 2.

Nº	C. de arroz	C. plátano	C. huevo	Grasa v.	Frijol c.	Microorganismos e.	e1	e2	% Carbohidratos
1	1	1	1	1	1	1	1	1	35.11
2	1	1	1	2	2	2	2	2	34.72
3	1	2	2	1	1	2	2	2	37.80
4	1	2	2	2	2	1	1	1	37.47
5	2	1	2	1	2	1	1	2	35.57
6	2	1	2	2	1	2	2	1	37.11
7	2	2	1	1	2	2	2	1	38.64
8	2	2	1	2	1	1	1	2	38.13

Tabla 6.43 Arreglo ortogonal y su resultado en carbohidratos.

	C. de arroz	C. plátano	C. huevo	Grasa v.	Frijol c.	Microorganismos e.	e1	e2
N1	145.10	142.51	146.60	147.10	148.20	146.28	146.28	148.33
N2	149.50	152.04	148.00	147.40	146.40	148.27	148.27	146.22
	294.60	294.55	294.60	294.600	294.60	294.55	294.55	294.55

Tabla 6.44 Totales para cada facto a cada nivel.

El segundo paso es obtener la suma de los cuadrados.

Efecto	SS	G.L	V	Fexp
C. de arroz	2.37	1	2.37	4.50
C. plátano	11.35	1	11.35	21.60
C. huevo	0.23	1	0.23	0.43
Grasa v.	0.01	1	0.01	0.02
Frijol c.	1.38	1	1.38	2.60
Microorganismos e.	1.05	1	1.05	1.98
Error	1.05	2	0.53	

Tabla 6.45 Tabla ANOVA.

En la columna SS (2) se tienen las sumas de cuadrados. En la columna G.L. (3) (grados de libertad) tendremos el número de columnas que se usaron para evaluar el factor, en este caso, solo puede ser de uno para cada factor y más de uno únicamente para el caso del error.

La columna V (4), se obtiene dividiendo la columna SS (2), la columna G.L.

Terminada la tabla ANOVA obtenemos las siguientes conclusiones:

Todos aquellos factores, que tienen un valor de F_{exp} mayor que 2 se considera que afectan la variable respuesta, porcentaje de proteína, en este caso; estos son llamados factores significantes.

Para proteínas únicamente es significativo el factor Frijol caupí, esto deja fuera los factores cascarilla de arroz y microorganismos efectivos que por el método de análisis gráfico aparentaban afectar la variable respuesta proteína.

Se considera que aquellos efectos que no resultaron significantes, se tomen como error aleatorio, a fin de obtener una mejor estimación (con mayor número de grados de libertad).

Efecto	SS	G.L	V	F _{exp}
C. de arroz	2.37	1	2.37	6.54
C. plátano	11.35	1	11.35	31.40
Frijol c.	1.94	1	1.94	5.17
Error	2.17	5	0.36	

Tabla 6.46 Tabla ANOVA.

Posteriormente se fijará el nivel de cada factor significativo. Se consideran los promedios de las lecturas que tomaron a cada nivel para cada uno de los factores significantes.

Los promedios de proteína para cada nivel se obtienen dividiendo cada uno de los totales entre 4, (cada total es la suma de cuatro resultados experimentales).

Así sucesivamente para cada factor. En la tabla 6.47 efecto promedio para cada factor se muestran los resultados.

Efecto	Efecto promedio	
	Nivel 1	Nivel2
C. de arroz	36.28	37.36
C. plátano	35.63	38.01
C. huevo	36.65	36.99
Grasa v.	36.78	36.86
Frijol c.	37.04	36.6
Microorganismo e.	36.57	37.07

Tabla 6.47 Efectos promedios de cada factor.